

**Erstellung von Referenzwerten für das isokinetische Training
im Rahmen der Rehabilitation nach Schulteroperationen
und
Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit und
der kardiopulmonalen Belastung während
der Schulterrehabilitation**

Von der Sportwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Leipzig
genehmigte

D I S S E R T A T I O N

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor philosophiae
(Dr. phil.)

vorgelegt

von: Dipl. Sportlehrerin Susanne Standtke
geb. am 09.05.1976 in Räckelwitz

Gutachter: Prof. Dr. Dr. med. habil. M.W. Busse
Prof. Dr. med. habil. M. Thomas

Tag der Verleihung: 28.04.2015

Danksagung

Mein Dank gilt Prof. Dr. Dr. med. habil. M.W. Busse und Prof. Dr. med. habil. M. Thomas für die Möglichkeit zur Bearbeitung dieser Thematik und für ihre Unterstützung.

Bei meiner Familie sowie meinen Freunden möchte ich mich für Ihren Glauben an mich, ihre Motivation und ihre Ablenkung bedanken.

Bibliographische Beschreibung

Susanne Standtke

Erstellung von Referenzwerten für das isokinetische Training im Rahmen der Rehabilitation nach Schulteroperationen und Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der kardiopulmonalen Belastung während der Schulterrehabilitation

247 Seiten, 74 Abbildungen, 46 Tabellen, 163 Literaturangaben, III Anlagen

Dissertation

Universität Leipzig

Sportwissenschaftliche Fakultät

Institut für Sportmedizin und Prävention

Nach Operationen am Schultergelenk ist die Rehabilitation von entscheidender Bedeutung, um das operative Ergebnis zu sichern und die Schulterfunktion wiederherzustellen. Die dafür erforderliche funktionelle Kraft, Mobilität, Stabilität und Schmerzfreiheit soll mittels adäquater Maßnahmen im Therapieprozess entwickelt werden. Einen Untersuchungsschwerpunkt dieser Arbeit stellte die Erhebung von indikationsspezifischen isokinetischen Referenzwerten dar, die als schädigungsfrei erreichbare Steigerungsraten der Kraft innerhalb eines definierten Rehabilitationsprogrammes anzusehen sind. Dafür wurden jeweils 30 Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung, arthroskopisch subakromialer Dekompression und Rekonstruktion der Rotatorenmanschette unter Verwendung des Seilzugisokinetikgerätes „Moflex[®]“ für die Bewegungen Adduktion, Innen- und Außenrotation untersucht. Zusätzlich galten die tägliche Schmerzquantifizierung, die Erfassung der aktiven Beweglichkeit und die subjektive Einschätzung mittels Fragebögen zum Gesundheitszustand (SF-36-Health-Survey) und zur Schulterfunktion (DASH-Score) zu definierten Zeitpunkten der Rehabilitation als obligate Bestandteile der Untersuchung. Auf der Grundlage der ermittelten Referenzwerte werden Empfehlungen für die praktische Anwendung eines therapeutischen Aufbautrainings mit dem Therapieband und dem Seilzugsystem abgeleitet. Einen weiteren Schwerpunkt der Arbeit bildete die Leistungsdiagnostik mit der Überprüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der kardiopulmonalen Belastung während einer orthopädisch ausgerichteten Rehabilitation. Dafür absolvierten 20 männliche Patienten nach einer Operation am Schultergelenk zu Beginn und zum Abschluss der Rehabilitation einen Spiroergometrietest auf dem Fahrradergometer und eine Spirometrieuntersuchung mit dem „K4b²“ während der Krankengymnastik und der Medizinischen Trainingstherapie. Mit den Resultaten ist erstmalig eine Beurteilung der kardiopulmonalen Belastung von Patienten bei differenten Therapiemaßnahmen möglich. Die Ergebnisse können als Handlungsanleitung für die Belastungsgestaltung im Rahmen der postoperativen Rehabilitation von Schulterpatienten betrachtet werden.

Abkürzungsverzeichnis

ADD	Adduktion
ARO	Außenrotation
exz	exzentrisch
Hf	Herzfrequenz
IAS	Individuelle anaerobe Schwelle
IRO	Innenrotation
konz	konzentrisch
maxLASS	maximales Laktat-steady-state
MTT	Medizinische Trainingstherapie
MW	Mittelwert
n. s.	nicht signifikant
RA	Reha-Abschluss
RB	Reha-Beginn
SD	Standardabweichung
SEM	Standardfehler
S/min	Schläge pro Minute
V _E	Atemminutenvolumen
VO ₂	Sauerstoffaufnahme
VCO ₂	Kohlendioxidabgabe

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	10
2	Theoretische Grundlagen	15
2.1	Anatomie und Biomechanik des Schultergelenkes und des Schultergürtels	15
2.1.1	Anatomische Besonderheiten	15
2.1.2	Biomechanische Aspekte als Grundlage der Schulterfunktion	16
2.2	Pathologie und Pathomechanik des Schultergelenkes	18
2.2.1	Glenohumerale Instabilität	19
2.2.2	Impingement-Syndrom der Schulter	20
2.2.3	Rupturen der Rotatorenmanschette	22
2.3	Operative Methoden bei verschiedenen Erkrankungen und Verletzungen des Schultergelenkes	24
2.3.1	Ventrale Schulterstabilisierung	24
2.3.2	Arthroskopische subakromiale Dekompression (ASD)	26
2.3.3	Rekonstruktion der Rotatorenmanschette	26
2.4	Postoperative Rehabilitation nach Eingriffen am Schultergelenk	28
2.4.1	Ziele und Maßnahmen der Medizinischen Trainingstherapie	29
2.4.2	Postoperative Belastungsgestaltung in der Medizinischen Trainingstherapie	30
2.4.3	Isokinetisches Training in der Medizinischen Trainingstherapie	31
2.5	Leistungsdiagnostik	33
2.5.1	Spiroergometrie	33
2.5.2	Messgrößen	35
2.5.3	Laktatschwellen und ventilatorische Schwellen	37
3	Fragestellung	39
4	Material und Methode	41
4.1	Überblick zu den Untersuchungsverfahren	41
4.2	Untersuchungen der Seilzugisokinetik	43
4.2.1	Patienten	43
4.2.2	Postoperatives Behandlungskonzept	46

4.2.3	Medizinische Trainingstherapie	47
4.2.3.1	Seilzugisokinetik mit dem Seilzugsystem „Moflex®“	49
4.2.3.2	Training mit dem isokinetischen Seilzugsystem „Moflex®“	50
4.2.3.3	Trainingssteuerung am „Moflex®“ über das Monitorfeedback	51
4.2.4	Patientenbefragung	53
4.2.4.1	Tägliche Trainingsprotokolle	53
4.2.4.2	Fragebogen DASH	54
4.2.4.3	Fragebogen SF-36-Health-Survey	54
4.2.5	Datenauswertung	55
4.2.5.1	Klinische Untersuchungsdaten	55
4.2.5.2	Daten der Seilzugisokinetik	56
4.2.5.3	Erstellung der Regressionsgraphiken und Regressionsgleichungen	56
4.2.5.4	Berechnungen der Ausgangslängen für verschiedene Therapieband- stärken und Erstellung von Isokrafttabellen	57
4.2.5.5	Daten der Patientenbefragung	58
4.3	Leistungsdiagnostik in der Rehabilitation	58
4.3.1	Patienten	58
4.3.2	Testdurchführungen und zeitlicher Ablauf	59
4.3.3	Doppelstufentest	60
4.3.3.1	Testablauf und Untersuchungsprogramm	60
4.3.3.2	Messparameter und Datenerfassung	62
4.3.4	Belastungsuntersuchung mit dem Spirometriesystem „K4b ² “	63
4.3.4.1	Testdurchführung während des Rehabilitationsprogramms	63
4.3.4.2	Messparameter und Datenerfassung	64
4.4	Statistische Verfahren	65
5	Ergebnisse	66
5.1	Ergebnisse der Seilzugisokinetik mit dem Seilzugsystem „Moflex®“	66
5.1.1	Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung	66
5.1.1.1	Isokinetische Kraftwerte und Schmerzscore	67
5.1.1.2	Referenzwerte für die isokinetische Kraftentwicklung	74
5.1.1.3	Isokinetische Arbeitswerte	78
5.1.1.4	Aktive Schulterbeweglichkeit	81
5.1.1.5	Fragebögen DASH und SF-36-Health-Survey	85

5.1.2	Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression	89
5.1.2.1	Isokinetische Kraftwerte und Schmerzscore	89
5.1.2.2	Referenzwerte für die isokinetische Kraftentwicklung	96
5.1.2.3	Isokinetische Arbeitswerte	99
5.1.2.4	Aktive Schulterbeweglichkeit	102
5.1.2.5	Fragebögen DASH und SF-36-Health-Survey	106
5.1.3	Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion	110
5.1.3.1	Isokinetische Kraftwerte und Schmerzscore	110
5.1.3.2	Referenzwerte für die isokinetische Kraftentwicklung	119
5.1.3.3	Isokinetische Arbeitswerte	122
5.1.3.4	Aktive Schulterbeweglichkeit	126
5.1.3.5	Fragebögen DASH und SF-36-Health-Survey	130
5.1.4	Isokrafttabellen für die verschiedenen Therapiebandfarben	134
5.2	Ergebnisse der Leistungsdiagnostik zu Beginn und zum Abschluss des Rehabilitationsprogramms	139
5.2.1	Ergebnisse des Doppelstufentests zu Beginn und zum Abschluss des Rehabilitationsprogramms	139
5.2.1.1	Überblick ausgewählter Parameter beim Doppelstufentest	139
5.2.1.2	Werte der Maximalleistung	140
5.2.1.3	Maximale Herzfrequenzwerte und Herzfrequenzverhalten	140
5.2.1.4	Maximale Blutdruckwerte	142
5.2.1.5	Maximale Sauerstoffaufnahmewerte	142
5.2.1.6	Relative maximale Sauerstoffaufnahmewerte	143
5.2.1.7	Ventilatorische Schwelle	143
5.2.1.8	Laktatverhalten	144
5.2.2	Ergebnisse der Leistungsdiagnostik während des Rehabilitations- programms	147
5.2.2.1	Ausgewählte Parameter im Überblick	147
5.2.2.2	Seilzugisokinetik im Überblick	149
5.2.2.3	Übung – Außenrotation	150
5.2.2.4	Übung – Innenrotation	152
5.2.2.5	Übung – Adduktion	153
5.2.2.6	Übung am Doppelseilzug	155
5.2.2.7	Handkurbelergometer	156

5.2.2.8	Fahrradergometer	157
5.2.2.9	Krankengymnastik	157
5.2.3	Vergleich der einzelnen Messgrößen bei den Therapieanforderungen zu Beginn und zum Abschluss des Rehabilitationsprogramms	160
5.2.3.1	Sauerstoffaufnahmewerte während der Therapieanforderungen	160
5.2.3.2	Sauerstoffaufnahmewerte während der Therapieanforderungen in Relation zur maximalen Sauerstoffaufnahme	162
5.2.3.3	Belastungsinduzierte mittlere Sauerstoffmehraufnahme während der Therapieanforderungen	163
5.2.3.4	Relative Sauerstoffmehraufnahmewerte während der Therapieanforderungen	164
5.2.3.5	Blutdruckwerte während der Therapieanforderungen	165
5.2.3.6	Herzfrequenzwerte während der Therapieanforderungen	166
6	Diskussion	168
6.1	Untersuchung mit dem isokinetischen Seilzugsystem „Moflex®“	168
6.1.1	Patienten	169
6.1.2	Postoperativer Beginn der Medizinischen Trainingstherapie	170
6.1.3	Dauer des Rehabilitationsprogramms	172
6.1.4	Isokinetische Kraftmessung im Rehabilitationsprogramm	173
6.1.5	Funktionelle isokinetische Kraftentwicklung im Verlauf des Rehabilitationsprogramms	177
6.1.5.1	Isokinetische Kraftentwicklung der Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung und Referenzwerterstellung	178
6.1.5.2	Isokinetische Kraftentwicklung der Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (ASD) und Referenzwerterstellung	182
6.1.5.3	Isokinetische Kraftentwicklung der Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion und Referenzwerterstellung	184
6.1.6	Beurteilung des Schmerzverhaltens im Rehabilitationsverlauf	187
6.1.7	Beurteilung des Ausmaßes der Schulterbeweglichkeit	189
6.1.8	Fragebögen DASH und SF-36-Health-Survey	191
6.1.8.1	DASH	192
6.1.8.2	SF-36-Health-Survey	194

6.1.9	Beurteilung des Einsatzes von Therapiebändern und Seilzügen in der postoperativen Schulterrehabilitation	197
6.1.9.1	Verwendung von Therapiebändern in der postoperativen Schulterrehabilitation unter Berücksichtigung der isokinetischen Referenzwerte	198
6.1.9.2	Verwendung von Seilzugsystemen in der postoperativen Schulterrehabilitation unter Berücksichtigung der isokinetischen Referenzwerte	199
6.2	Leistungsdiagnostische Untersuchungen	202
6.2.1	Beurteilung der Kenngrößen der körperlichen Leistungsfähigkeit	203
6.2.1.1	Werte der Maximalleistung	203
6.2.1.2	Maximale Sauerstoffaufnahmewerte	204
6.2.1.3	Maximale Herzfrequenzwerte und Herzfrequenzverhalten	206
6.2.1.4	Blutdruckwerte	207
6.2.1.5	Anaerobe Schwellenbestimmung	208
6.2.2	Beurteilung der einzelnen Parameter und der kardiopulmonalen Belastung während des Rehabilitationsprogramms	211
6.2.2.1	Steigerungen der isokinetischen Kraft	211
6.2.2.2	Sauerstoffaufnahmewerte	212
6.2.2.3	Herzfrequenzwerte	214
6.2.2.4	Blutdruckwerte	215
6.2.2.5	Gesamtbetrachtung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der kardiopulmonalen Belastung während des Rehabilitationsprogramms und Schlussfolgerungen für die Praxis	216
7	Zusammenfassung	218
8	Literaturverzeichnis	222
	Abbildungsverzeichnis	234
	Tabellenverzeichnis	242
	Anhang	247

1 Einleitung

Eine funktionsfähige Schulter bildet die Grundlage für die große Bewegungsvielfalt des Armes zur Bewältigung von kleinsten bis hin zu umfangreichen Anforderungen im Alltag, Beruf und bei sportlichen Aktivitäten. Um konstant situationsadäquat agieren zu können, muss die Schulter gleichermaßen Mobilität und Stabilität aufweisen. Dafür sind verschiedene statische Strukturen, wie die knöchernen Anteile des Gelenkes, die Gelenkkapsel, das Labrum und die Verstärkungsbänder und die Rotatorenmanschette als wichtigster dynamischer Stabilisator verantwortlich. Im Gegensatz zu den Gelenken der unteren Extremität ist das Schultergelenk vorrangig Zugbelastungen ausgesetzt, so dass Verletzungen infolge eines Traumas und degenerative Veränderungen aufgrund permanenter oder einseitiger Beanspruchung vordergründig in den dynamischen Strukturen vorzufinden sind. Die dabei besonders beanspruchten Sehnen der Rotatorenmanschette stellen eine gefährdete Struktur dar, was sich durch den anatomischen Aufbau des Gelenkes begründen lässt. In der Folge kann durch das Entstehen von Partialläsionen, mit der Entwicklung zu Totalrupturen, das koordinierte Zusammenspiel aller beteiligten Strukturen empfindlich gestört sein, mit dem Resultat des zwangsläufigen Funktionsverlustes der Schulter.

Zu den häufigsten Erkrankungen an der Schulter gehören das subakromiale Impingement-Syndrom, Rupturen der Rotatorenmanschette und die Instabilität. Von der Impingement-Symptomatik können aufgrund einseitiger sportlicher Belastung bei Überkopfsportarten, z. B. Tennis, schon jüngere Menschen betroffen sein. Häufiger treten die typischen Symptome des Impingement-Syndroms bei Menschen ab ca. dem 30. Lebensjahr auf, wobei die berufliche und sportliche Aktivität einen Einfluss ausübt. Im progredienten Verlauf können die strukturellen Veränderungen im höheren Alter zu Partialläsionen und zu kompletten Rupturen führen. Aufgrund des veränderten Bewegungsverhaltens bei älteren Menschen können Stürze ursächlich für eine Läsion der Rotatorenmanschette sein. Bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen ist die Instabilität ein häufiges Krankheitsbild der Schulter. Das „Ersttrauma“, welches durch eine Luxation des Humeruskopfes aus der Pfanne gekennzeichnet ist, wird oftmals durch ein Trauma im sportlichen Bereich hervorgerufen. Resultat ist zumeist eine Weitung der Gelenkkapsel und der Abriss des Labrums glenoidale vom Pfannenrand, womit die Stabilität des Gelenkes nicht mehr gewährleistet werden kann. Folglich können bereits einfache Alltagsbewegungen, z. B. „Anziehen einer Jacke“ Folgeluxationen provozieren.

Im Rahmen der Therapie besitzen neben den konservativen Maßnahmen, zur Vorbeugung

weiterer Schädigungen, ebenso die operativen Methoden, zur Behebung artikulärer Störungen, einen bedeutenden Stellenwert. Gemeinsames Ziel ist die Wiederherstellung und die Verbesserung der Schulterfunktion. Dies integriert eine vollständige Beweglichkeit, ein situationsangepasstes Kraftniveau und die absolute Schmerzfreiheit, um eine bestmögliche Funktionsfähigkeit der Schulter im Alltag, Beruf und Sport gewährleisten zu können. Der „schnellen“ Wiederherstellung kommt mit der Priorität der Wiedereingliederung in den Beruf in der heutigen Zeit eine immense Bedeutung zu, was häufig existenzielle Gründe hat.

Nach einer Operation besitzt die sich anschließende postoperative Rehabilitation einen beachtenswerten Anteil zur Sicherstellung des Operationsergebnisses, um die oben genannten Einflussfaktoren der Funktionsfähigkeit mittels indikationsspezifischer therapeutischer Maßnahmen zu optimieren (Imhoff et al. 2010). In der Literatur ist eine Vielfalt von postoperativen Therapiemöglichkeiten nach Operationen am Schultergelenk für die verschiedenen Erkrankungen zu finden (Schulte-Frei 1998, Ehrich und Gebel 2000, Jung und Grambauer 2002, Diemer und Sutor 2010, Imhoff et al. 2010, Rehberger 2012, Rief 2012). Alle Nachbehandlungskonzepte zeigen als Charakteristik, die als Prämisse geltende Orientierung an den Phasen der Wundheilung auf, und geben grundlegende Richtlinien vor. Des Öfteren sind das allgemeine Handlungsanleitungen. Es existieren keine systematischen indikationsspezifischen Konzepte mit exakten Aussagen zur Belastungsgestaltung innerhalb des Rehabilitationsprogramms. In Abhängigkeit vom Operateur und therapeutischem Fachpersonal variieren die Vorgehensweisen in der postoperativen Behandlung erheblich. Häufig fehlt die Evaluation spezifischer Parameter innerhalb des Therapiezeitraumes. Erst die Betrachtung und Beurteilung aller beeinflussenden Faktoren der Funktionsfähigkeit der Schulter erlaubt eine Aussage über die Effizienz eines Rehabilitationsprogramms.

Jede therapeutische Maßnahme innerhalb der Rehabilitation verfolgt die Absicht, objektive Parameter der Einschränkung zugrunde liegenden Normwerten wieder anzugleichen. Grundlegend für eine effiziente Therapie ist die Orientierung an Richtwerten. Die Resultate der Rehabilitation werden durch den zuständigen Arzt häufig anhand von Vergleichsuntersuchungen, die prä-, postoperativ und postrehabilitativ zu festgesetzten Zeitpunkten stattfinden, bestätigt. Der Einsatz von klinischen Scores zur Bewertung von Rehabilitationsresultaten ist im Bereich der Schulterfunktionsbeurteilung etabliert. Diese beinhalten die Messung der Beweglichkeit, die Kontrolle der Ausführung spezifischer Funktionsgriffe, die Überprüfung der Muskelaktivität anhand von Widerstandtests und die Schmerzquantifizierung.

Aufgrund der Verbesserung bezüglich der untersuchten Parameter wird insgesamt auf eine wiederhergestellte Funktion geschlossen, ohne die Kenntnis zu haben, welche therapeutischen Maßnahmen den Fortschritten zugrunde liegen.

Für die Beurteilung der Schulterfunktion stellt der Einflussfaktor Kraft ein entscheidendes Kriterium dar. Dabei ist nicht die Maximalkraft bedeutend, sondern die funktionelle Kraft, die durch die jeweilige Anforderung bestimmt wird. In den letzten Jahren hat die Objektivierung der Kraft innerhalb der Schulterrehabilitation durch den Einzug isokinetischer Trainings- und Testsysteme in die Medizinische Trainingstherapie an Bedeutung gewonnen (Thomas et al. 2001a, Weiss et al. 2004, Yen 2005, Dauty et al. 2007, Meller et al. 2007, Hiemstra et al. 2008, Bigoni et al. 2009). Die isokinetischen Systeme werden häufig als Testgerät zum Vergleich der Kraftfähigkeit präoperativ und postoperativ zu spezifischen Zeitpunkten genutzt. Aufgrund der mitunter aufwendigen Handhabung werden diese selten als Trainingsmittel in die Therapie integriert. In ersten eigenen Untersuchungen konnte die vorteilhafte Anwendung der Seilzugisokinetik im Rahmen der postoperativen Rehabilitation nach Schulteroperationen bestätigt werden (Thomas et al. 2001a). Aufgrund einer täglichen Datenanalyse, einer exakt dosierbaren Belastungsgestaltung für jede Bewegung im Schultergelenk, unter der simultanen Verwendung des Biofeedback für die Belastungsvorgabe, kann für den Patienten ein optimaler individueller Therapieprozess garantiert werden. Bisher liegen keine Referenzwerte der isokinetischen Kraftentwicklung für die verschiedenen Indikationen am Schultergelenk vor.

Aus den Vorüberlegungen ergab sich als eine Zielstellung dieser Arbeit die Erstellung von indikationsspezifischen Referenzwerten für die isokinetische Kraftentwicklung von Patienten in Abhängigkeit der beeinflussenden Faktoren Schmerz und Beweglichkeit.

Da in orthopädischen Nachsorgeeinrichtungen mitunter keine Isokinetikgeräte vorhanden bzw. genutzt werden, sollen im Rahmen dieser Untersuchung ebenfalls Empfehlungen für die vielfach verwendeten Trainingsmittel Therapieband und Seilzug getroffen werden, die sich aus den ermittelten Referenzwerten ableiten lassen.

Neben den objektiv messbaren Parametern gewinnen die subjektiven Einschätzungen des Patienten zur Beurteilung des Therapieergebnisses ebenso an Bedeutung. Um die Effektivität von Interventionen aus Patientensicht zu überprüfen, werden zuverlässige und relevante Kenngrößen benötigt. Der Patient allein hat Kenntnis über die alltäglichen, beruflichen und sportlichen Anforderungen, die er an seine Schulterfunktion stellt. Die alleinige Betrachtung von objektiven oder subjektiven Ergebnissen ist ungenügend, da die Einschränkungen des Patienten unzureichend wiedergegeben werden, wie die Untersu-

chung von Jester et al. (2005b) bestätigt. Für die subjektiven Einschätzungen der Patienten sind Fragebögen unumgänglich, welche die spezifischen Anforderungen des Schultergelenkes erfassen und funktionelle Einschränkungen repräsentieren.

Ein standardisierter Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität ist die deutsche Fassung des SF-36-Health-Survey (Bullinger 1996, Bullinger und Kirchberger 1998). Zur subjektiven Beurteilung nach postoperativen Eingriffen am Schultergelenk fand dieser eine vielfache Anwendung (Kang et al. 2007) und wird im Bereich der Rehabilitation empfohlen (Bullinger 2003). Zur Beurteilung der Schulterfunktion aus Patientensicht eignet sich der validierte und standardisierte DASH-Fragebogen (Offenbäcker et al. 2003), der in die deutsche Fassung adaptiert wurde (Germann et al. 1999, Germann et al. 2003) und mittlerweile ebenfalls eine breite Verwendung bei allen Erkrankungen an der oberen Extremität findet (Kang et al. 2007, Westphal 2007).

Eine weitere Zielsetzung innerhalb dieser Untersuchung ist die Evaluation der subjektiven Beurteilungen der Patienten unter Verwendung verschiedener Fragebögen.

Ausnahmslos die Gesamtheit der objektiven Parameter im Zusammenhang mit den subjektiv erfassten Angaben ermöglicht eine Aussage über die Effizienz einer therapeutischen Intervention. Diesem Anspruch konnten die bisherigen therapeutischen Programme in der Praxis nicht gerecht werden.

Ein wichtiger Aspekt innerhalb der postoperativen Rehabilitationsbehandlung beruht auf der Tatsache, dass bei älteren Patienten häufig Begleiterkrankungen auftreten, die nicht ausschließlich aus dem orthopädischen Fachgebiet stammen. Mitunter weist ein Teil der Patienten verschiedene prädisponierende Faktoren für die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen auf, wie z. B. die Hypertonie, oder es bestehen bereits Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, wie die koronare Herzkrankheit. Der Umstand, dass die angewandten therapeutischen Maßnahmen nicht ausnahmslos das Schultergelenk betreffen, sondern den Gesamtorganismus beanspruchen bzw. beeinflussen, lässt die Frage aufkommen, welche Auswirkungen die einzelnen Therapiekomponenten auf das kardiopulmonale System ausüben. Es ist bekannt, dass die Beanspruchung kleiner Muskelgruppen durch entsprechende Kräftigungsübungen einen erheblichen Anstieg des Blutdruckes indizieren kann.

Bisher gibt es keine quantitativen Untersuchungen zur kardiopulmonalen Belastung von einzelnen Therapiekomponenten eines orthopädisch ausgerichteten Rehabilitationsprogramms. Von weiterer Bedeutung ist die Frage, ob durch die Rehabilitationsmaßnahme mit ihren verschiedenen Verfahren nicht nur positive Effekte für das zu behandelnde

Gelenk aufzuweisen sind, sondern sich ebenfalls Trainingseffekte in anderen Organsystemen zeigen. Aufgrund einer postoperativen Immobilisationsphase und der eventuellen präoperativen Einschränkung durch die Schultererkrankung kann für den Patienten eine temporäre Inaktivität resultieren, die sich unweigerlich auf die motorischen Hauptbeanspruchungsformen Kraft, Schnelligkeit sowie Ausdauer und deren Kenngrößen negativ auswirkt. Inwieweit sich diese Faktoren durch das Rehabilitationsprogramm positiv beeinflussen bzw. verbessern lassen, kann mit verschiedenen Messmethoden überprüft werden. Eine objektive Methode zur Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit stellt die Spiroergometrie dar. Für den einzelnen Patienten ist neben der Wiedererlangung der „alten“ Kraftfähigkeit und des Bewegungsausmaßes der Schulter ebenfalls eine entsprechende körperliche Leistungsfähigkeit unverzichtbar. Somit stellt die Ausdauerfähigkeit mit ihren verschiedenen Ausprägungen zur Bewältigung verschiedenster alltäglicher, beruflicher und sportlicher Anforderungen für den Patienten einen unentbehrlichen Parameter dar.

Als Zielstellungen für den zweiten Untersuchungskomplex innerhalb dieser Arbeit ergeben sich einerseits die Überprüfung und Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit zu Beginn und zum Abschluss des Rehabilitationsprogramms. Andererseits soll die individuelle kardiopulmonale Belastung während eines orthopädisch ausgerichteten Rehabilitationstages analysiert werden. Zu definierten Zeitpunkten der Rehabilitation soll durch die Messung relevanter Kenngrößen der kardiopulmonalen Belastung, die während der verschiedenen Therapieinhalte in der Schulterrehabilitation nachweisbare Beanspruchung, quantifiziert werden.

2 Theoretische Grundlagen

Im folgenden Kapitel wird auf die wichtigsten theoretischen Grundlagen, die für die zwei Untersuchungen relevant sind, eingegangen. Das Schultergelenk allgemein, dessen Erkrankungen und operative Versorgung und die Maßnahmen der postoperativen Therapie werden vorgestellt.

Des Weiteren erfolgt eine kurze Darstellung von Messgrößen und spezifischen Methoden der Leistungsdiagnostik zur Überprüfung des kardiopulmonalen Funktionszustandes.

2.1 Anatomie und Biomechanik des Schultergelenkes und des Schultergürtels

Das Schultergelenk ist das beweglichste Gelenk im menschlichen Körper. Dies lässt sich durch den spezifischen Aufbau einerseits und dem koordinierten Zusammenspiel aller beteiligten Strukturen andererseits begründen. Erst durch die abgestimmte Funktionsweise des gesamten Schultergürtels mit dem Schultergelenk wird der große Bewegungsumfang für den Arm ermöglicht. Den für die Mobilität verantwortlichen Strukturen, wie die einzelnen Gelenke des Schultergürtels, die ungleich großen Gelenkkörper des Schultergelenkes und die weite Gelenkkapsel, steht hauptsächlich die Muskulatur als Stabilisator des Gelenkes gegenüber.

2.1.1 Anatomische Besonderheiten

Neben dem Glenohumeralgelenk (Articulatio humeri), sind die Gelenke des Schultergürtels – das Akromioklavikulgelenk und das Sternoklavikulgelenk – und der subakromiale Raum (Fornix humeri) sowie die skapulothorakale Gleitebene aus funktioneller Sicht für die große Bewegungsamplitude des Armes bedeutsam.

Das Glenohumeralgelenk ist ein Kugelgelenk, welches aus den dazugehörigen Gelenkkörpern, der vom Schulterblatt (Scapula) gebildeten kleinen, flachen Gelenkpfanne und dem Gelenkkopf des Oberarmbeines (Humerus) zusammengesetzt ist. Die kleine Gelenkpfanne wird durch eine schmale, ringsumlaufende, faserknorpelige Pfannenlippe (Labrum glenoidale) vergrößert und vertieft. Eine weite Kapsel umgibt das Gelenk, die im vorderen Gelenkbereich Verstärkungszüge in Form von Bändern aufweist. Neben dem Ligamentum

coracohumerale, existieren an der Vorderseite der Kapsel die Ligg. glenohumeralia (superius, medium, inferius), die vorwiegend für die Stabilisierung des Gelenkes in Extremstellungen verantwortlich sind. Als weiteres Band sei das Ligamentum coraco-acromiale zu nennen, das vom Akromion zum Processus coracoideus zieht und mit diesen Strukturen das Dach des Subakromialraumes bildet. Aufgrund des Größenverhältnisses von 4:1 bezüglich des Kopfes zur Pfanne, die weite große Gelenkkapsel und der vorhandenen Verstärkungsbänder resultieren für das Gelenk eine hohe Mobilität und weniger Stabilität. Ausreichende Stabilität erfährt das Gelenk lediglich durch die das Gelenk umgebende Muskulatur, insbesondere über die Rotatorenmanschette.

Mit weitaus geringerer Wirkung übt die Kavität der Gelenkpfanne, die durch das zirkulär umgebende Labrum glenoidale vermehrt wird, der geringe negative Druck im Schultergelenk und die Adhäsions- und Kohäsionskräfte einen stabilisierenden Einfluss auf das Gelenk aus (Wiedemann 2002b). Dadurch wird die Funktionalität der Rotatorenmanschette für die Balance zwischen ausreichender Stabilität und der durch den spezifischen Aufbau des Gelenkes gegebenen Mobilität, um eine uneingeschränkte Schulterfunktion zu gewährleisten, extrem bedeutsam. Bereits kleinste Veränderungen können in diesem funktionellen Gefüge eine Störung dieser Balance induzieren, welche unweigerlich zur Destabilisierung mit weiteren Folgen für das Gelenk und der umgebenden Strukturen führt.

2.1.2 Biomechanische Aspekte als Grundlage der Schulterfunktion

Aufgrund des spezifischen Aufbaus des Schultergelenks und des koordinierten Zusammenwirkens des gesamten Schultergürtels ist ein großer Bewegungsumfang gegeben. Das Schultergelenk ist das beweglichste aller Gelenke, mit Bewegungsmöglichkeiten um verschiedene Achsen. Es weist drei Freiheitsgrade auf und gestattet Bewegungen in drei Raumebenen, die um drei Hauptachsen ausgeführt werden.

Aus der Normalstellung des ruhig herabhängenden Armes sind mit unterschiedlich starker Beteiligung der übrigen Strukturen des Schultergürtels im Schultergelenk verschiedene Bewegungen möglich, die nach Kapandji (2006) folgendermaßen beschrieben werden. Zum einen ist um die sagittale Achse die Abduktion und Adduktion des Armes auszuführen. Bei der Abduktion ist eine Bewegung von 180° zu erreichen, wobei das Schulterblatt an der gesamten Bewegung beteiligt ist. Zunächst ist es für Stellungsanpassungen verantwortlich und ab ca. 30° bewegt es sich im Verhältnis von 1:2 bezüglich des Armes

bis zur vollständigen Abduktion mit. Die Adduktion ist aufgrund des Rumpfes lediglich in Kombination mit einer Retroversion oder einer Anteversion, bei der $30^\circ - 45^\circ$ erreicht werden können, möglich. Um eine transversale Achse kann die Anteversion und Retroversion des Armes durchgeführt werden. Als Bewegungsausmaße für den Arm sind in der Anteversion 180° zu erreichen, wobei das Schulterblatt ab 45° nach ventral verschoben wird. Ab 100° kommt es ebenfalls zur Mitbewegung der Rippen und der Brustwirbelsäule. In der Retroversion ergibt sich eine Bewegung von $30^\circ - 45^\circ$. Wenn sich der Arm in Nullstellung befindet, kann um die vertikale Achse die Außenrotation und Innenrotation ausgeführt werden. Die Außenrotation beträgt etwa 80° . Dabei übt das Schulterblatt in der Endphase vermehrten Druck auf den Brustkorb aus. Bei der Innenrotationsbewegung von bis 110° muss der Arm hinter den Rumpf geführt werden. Dafür ist eine Retroversion im Schultergelenk und das Abheben des Schulterblattes vom Brustkorb Voraussetzung. Bei einer Anteversion oder Abduktion von 90° ändern sich die jeweiligen Achsen für die Rotationsbewegungen.

Zuständig für die umfangreichen Bewegungen im Schultergelenk sind verschiedene Muskeln und Muskelgruppen der gesamten Schulterregion, welche erst durch eine intermuskuläre Koordination die angepassten und differenzierten Bewegungsausführungen ermöglichen.

Besondere Bedeutung für alle Bewegungen des Armes gewinnen die Muskeln der Rotatorenmanschette als wichtigste dynamische Stabilisatoren des Schultergelenkes. Durch die einzelnen Muskeln der Rotatorenmanschette wird die in jeder Gelenkposition notwendige Zentrierung des Humeruskopfes in der Pfanne gewährleistet, so dass der Netto-Kraftvektor durch ihren Mittelpunkt verläuft (Wiedemann 2002b). Zur Rotatorenmanschette gehören der M. subscapularis als Innenrotator, der M. supraspinatus als Depressor sowie der M. infraspinatus und M. teres minor als Außenrotatoren. Die Sehnen dieser Muskeln inserieren alle am Tuberculum majus bzw. minus und bilden eine breitflächige sogenannte Manschette, die mit der Kapsel verwachsen ist. In ihrer Gesamtheit bewirken sie die Reduktion der auf das Gelenk einwirkenden Scherkräfte und stehen dabei in enger Wechselbeziehung. Funktionell wird ebenfalls die lange Bizepssehne dazugezählt. Durch ihren Verlauf über den Humeruskopf mit Inserierung am oberen Pfannenrand trägt sie bei gebeugtem Arm zu einer vorderen Stabilisierung bei, die bei zunehmender Außenrotation noch verstärkt wird (Rodosky et al. 1994). Die zentrale funktionelle Bedeutung der Rotatorenmanschette als Gelenkstabilisator belegen Untersuchungen von Habermeyer und Wiedemann (Habermeyer 1989). Sie fanden heraus, dass bereits der Ausfall

einzelner Muskeln durch auftretende Rupturen unweigerlich zur Destabilisierung des Glenohumeralgelenkes führt. Eine ebenso wichtige funktionelle Rolle besitzt die Muskulatur des Schultergürtels, welche die Aufgabe der Rotation und Fixation des Schulterblattes (Scapula) bei den unterschiedlichsten Beanspruchungen der oberen Extremitäten übernimmt. Eine Absicherung bei statischen und dynamischen Belastungen muss ebenso gewährleistet sein wie die jeweilige Stellungsanpassung des Schulterblattes. Verantwortlich für die geführten und differenzierten Bewegungen des Schulterblattes sind vorrangig der M. trapezius, M. levator scapulae, M. serratus anterior, M. pectoralis minor, M. subclavius und die Mm. rhomboidei.

2.2 Pathologie und Pathomechanik des Schultergelenkes

Aufgrund der anatomischen Besonderheiten des Schultergelenkes und des komplexen Zusammenspiels aller umgebenden Gelenke sowie Strukturen zeigen sich im Gelenk bei den verschiedensten biomechanischen Beanspruchungen unterschiedliche Auswirkungen. Bereits ein geringer störender Einfluss von außen oder innen kann das komplexe Gefüge empfindlich stören und einzelne Strukturen, mit unmittelbaren Folgen für das umliegende Gewebe, schädigen. Im Schultergelenk sind durch die vorhandene Zugbelastung, anders als an den Gelenken der unteren Gliedmaßen, eher Veränderungen in den Weichteilen zu finden. Die Muskulatur ist wichtigster dynamischer Stabilisator des Gelenkes und bei allen Beanspruchungen stets gefordert. Dabei stellen die Übergangszonen von den Muskeln zu den Knochen, die Sehnen, eine anfällige Struktur für Verletzungen dar. Im Schultergelenk werden häufig Sehneneinrisse im Bereich der Rotatorenmanschette oder bei jüngeren Patienten eine Luxation aufgrund eines Traumas festgestellt. Durch degenerative Veränderungen oder auch permanente Beanspruchungen des Schultergelenkes über viele Jahre lassen sich oft Anpassungserscheinungen im Subakromialraum diagnostizieren, die untherapiert weitere negative Auswirkungen für das Gelenk bringen. Im folgenden Abschnitt wird auf die häufig vorkommenden Verletzungen und Erkrankungen am Schultergelenk näher eingegangen. Dazu zählen die glenohumerale Instabilität, das Impingement-Syndrom und die Rotatorenmanschettenruptur.

2.2.1 Glenohumerale Instabilität

Unter der glenohumeralen Instabilität ist nach Wiedemann (2002b) das Unvermögen eines Patienten zu verstehen, den Humeruskopf unter normalen Belastungen genügend in der Pfanne zu zentrieren. Davon zu unterscheiden sind die Laxität, die das Ausmaß der glenohumeralen Translation, das heißt die Verschieblichkeit oder das Gleiten des Humeruskopfes in der Pfanne beschreibt (Harryman, 2nd et al. 1990) und die Hypermobilität, die eine Normvariante einer vermehrten glenohumeralen Beweglichkeit darstellt.

Aufgrund der fehlenden knöchernen Fixierung und der unzureichenden Stabilisierung durch andere statische Strukturen neigt das Gelenk, speziell der Humeruskopf, stärker zu Luxationen. Anders als beim Hüftgelenk wird der Humeruskopf nur zu einem Viertel von der Gelenkpfanne umschlossen. Aufgrund der Tatsache, dass die schlafe weite Gelenkkapsel und die glenohumeralen Bänder erst in Grenzbereichen bei Schulterbewegungen funktionell wirksam werden, droht bei Unfähigkeit der dynamischen Stabilisatoren eine Luxation des Humeruskopfes aus der Pfanne.

Prozentual gesehen, lassen sich etwa 95% der Instabilitäten zu einer nach vorn unten gerichteten, 2% nach einer hinten gerichteten Luxationsneigung und der Rest den multidirektionalen Instabilitäten zuordnen (Hovelius 1982).

Klassifiziert werden die Instabilitäten in der Literatur nach unterschiedlichen Kriterien. Matsen et al. (1990) unterscheiden zwei große Gruppen der Instabilitäten: TUBS und AMBRII. In TUBS werden die traumatisch verursachten, unidirektional nach vorn unten gerichteten, rezidivierenden Luxationen mit ursächlicher Bankart-Läsion eingeordnet, mit der Indikation zur operativen Stabilisierung. In AMBRII werden die atraumatischen, multidirektionalen, meist beide Schultern betreffende Instabilitäten zugeordnet, welche erst einer operativen Stabilisierung unterzogen werden sollten, wenn die konservative Rehabilitation keinen Erfolg bringt. Eine andere Klassifikation stellt Gerber (1997) vor. Dabei werden sechs Instabilitätsformen unterschieden, wobei Typ I die chronische Luxation, Typ II und III die unidirektionale Instabilität ohne und mit multidirektionaler Hyperlaxität, Typ IV und V die multidirektionale Instabilität ohne und mit multidirektionaler Hyperlaxität und Typ VI die willkürlichen Luxation beschreibt. Wichtig zur Beurteilung der Instabilität sind der Luxationsgrad, die Luxationsrichtung, die Luxationsdauer, die Luxationsform und die Pathogenese (Wiedemann 2002b).

Die traumatisch bedingte vordere Schulterluxation hat als Ursache meist ein indirektes Abduktions- und Außenrotationstrauma. Dabei wird der Humeruskopf nach vorn in die

Kapsel gepresst, wodurch Läsionen des Labrum-Kapsel-Komplexes unterschiedlichen Ausmaßes resultieren können. Meist entsteht eine Bankart-Läsion, wobei der Labrum-Kapsel-Komplex vom vorderen unteren Pfannenrand abreißt und daraufhin die Kavität der Pfanne deutlich vermindert wird. Außerdem werden das mittlere und inferiore glenohumerales Band von ihrem Ursprung abgelöst. Durch diese Tatsachen ergibt sich die vordere Instabilität (Lazarus et al. 1996). Ein weiteres Sekundärphänomen einer vorderen Luxation stellt die Hill-Sachs-Läsion dar, welche röntgenologisch diagnostiziert werden kann. Diese ist durch eine Impression im dorsalen Bereich des Kopfes gekennzeichnet und entsteht aufgrund des Austritts des Kopfes aus der Pfanne durch den vorderen Pfannenrand. Nach traumatischer Erstluxation und den damit verbundenen Verletzungen steigt die Wahrscheinlichkeit für Rezidive deutlich an, je jünger der Patient ist (Rowe 1980). Somit ist die Indikation zu einer stabilisierenden operativen Therapie bei einem jungen Patienten auf jeden Fall angezeigt. Hintere Schulterluxationen ohne begleitende Hyperlaxität sind seltener (Hovelius 1982). Wie bei der vorderen Instabilität kann ebenfalls eine Bankart-Läsion in Verbindung mit einer Kapselüberweitung, allerdings im hinteren Teil des Gelenkes, auftreten. Dagegen sind atraumatische, willkürliche hintere Luxationen mit dem Verdacht auf eine multidirektionale Form der Instabilität häufiger (Wiedemann 2002b). Bei der multidirektionalen Instabilität, die meist beide Schultern eines Patienten betrifft, handelt es sich um eine allgemeine Laxität der Gelenke, wobei die Instabilität in mehrere Richtungen angezeigt ist. Die Erstluxation geschieht meist atraumatisch, das heißt, sie entsteht ohne äußere Gewalteinwirkung. Als Ursachen für die multidirektionale Instabilität werden in der Literatur unterschiedliche Theorien diskutiert, zum einen die genetische Disposition der statischen Strukturen, zum anderen muskuläre Koordinationsschwächen (Schenk und Brems 1998).

2.2.2 Impingement-Syndrom der Schulter

Der Begriff Impingement beschreibt global verschiedene pathologische Krankheitsbilder, denen allen eine Einengung des Subakromialraumes durch primär innere oder sekundär äußere Veränderungen zugrunde liegt (Wiedemann und Löhr 2002). Begrenzt wird der Subakromialraum durch verschiedene Strukturen.

Das Dach wird durch das Akromion, das Akromioklavikulargelenk, das distale Ende der Klavikula und das Ligamentum coracoacromiale geschaffen. Die Rotatorenmanschette, der

Tuberculum majus, das Ligamentum coracohumerale und die lange Sehne des M. biceps bildet den Boden. Vorn grenzt der Processus coracoideus, seitlich und hinten, der M. deltoideus den Raum ab. Ausgefüllt wird dieser Raum durch die Bursa subacromialis (Imhoff und Ledermann 1996).

Der Begriff Impingementsyndrom fand 1972 zuerst von Neer Verwendung (Neer, 2nd 1972). Impingement bedeutet Anschlagen, Anstoßen und kennzeichnet hier in dieser Form eine Einengung von Strukturen, die zwischen dem korakoakromialen Bogen und dem Humeruskopf liegen, und bei Abspreizbewegungen des Armes Schulterschmerzen hervorrufen. Gefährdete Struktur in diesem Bereich ist die Rotatorenmanschette, die durch innere oder äußere Faktoren pathologischen Veränderungen ausgesetzt ist.

Diese Veränderungen der Rotatorenmanschette durch innere oder äußere Faktoren hat Neer bereits 1972 und nochmals 1983 in Stadien eingeteilt, welche bis heute klinische Relevanz besitzen (Neer, 2nd 1972; 1983).

Im ersten Stadium bilden sich sport- oder arbeitsabhängig bei jüngeren Patienten zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr Entzündungen mit Ödem und kleinen Blutungen in der Rotatorenmanschette, die zur Verkleinerung des subakromialen Raumes führen. Mit der begleitenden Bursitis kommt es zur Bewegungsbehinderung der Rotatorenmanschette. Durch konservative Maßnahmen sind diese Veränderungen reversibel.

Das zweite Stadium ist durch zunehmende Fibrosierung und chronische Entzündung der Rotatorenmanschette und Bursa nach wiederholten Impingement-Prozessen bei Patienten zwischen 25 und 40 Jahren gekennzeichnet. Es entstehen kleinere Einrisse an der Oberfläche der Rotatorenmanschette, die nicht mehr reversibel sind.

Im dritten Stadium treten in charakteristischer Weise meist bei über 40-Jährigen die knöchernen Veränderungen am Tuberculum majus und Akromion auf, welche als Folgeerscheinungen des chronischen Impingements anzusehen sind. Außerdem lassen sich kleinere und größere Risse in der Rotatorenmanschette kompletter oder inkompletter Art feststellen.

Im Verlauf der Jahre unterlag der Begriff des Impingements Veränderungen. Die Ursachen und weitere auslösende Faktoren wurden einbezogen, womit eine breiter strukturierte Klassifikation entstand. Uhthoff et. al (1986) unterscheiden nach den Ursachen der Entstehung in intrinsische Tendinopathien, wobei sich die pathologischen Veränderungen in den Sehnen selbst ergeben, von extrinsischen Tendinopathien, bei denen die Veränderungen der Sehnen von außen hervorgerufen werden. Die Einteilung von Imhoff und Ledermann (1996) beschreibt ebenfalls äußere (extrinsische) und innere (intrinsische)

Faktoren als Ätiologie eines Impingements. Dabei erfolgt die Unterteilung der extrinsischen Faktoren in ein primäres Impingement, das durch strukturelle Ursachen ausgelöst wird und in ein sekundäres Impingement, welches aufgrund von funktionellen Ursachen entsteht. Das von Neer beschriebene mechanische Impingement, das sogenannte Outlet-Impingement, lässt sich dem primär extrinsischem Impingement zuordnen. Ursächlich gehören hierzu Veränderungen des korakoakromialen Bogens, wie z. B. Anomalien des Akromions. Einen Zusammenhang zwischen dem hakenförmigen Typ-III-Akromion und einem sich entwickelnden Impingement stellte Bigliani et al. (1991) fest. Als weitere Ursachen für das primäre Impingement struktureller Art gelten Veränderungen die das Akromioklavikulargelenk, den Humerus, das Korakoid, die Bursa und die Rotatorenmanschette betreffen können. Ein sekundäres Impingement kann als Folge einer glenohumeralen Instabilität, einer Skapulafehlstellung, einer veränderten Skapulafunktion durch Paresen der verantwortlichen Muskeln, einer Schwächung der Rotatorenmanschette durch neurogene Ursachen und einer Frozen shoulder durch Höhertreten des Humeruskopfes im Glenohumeralgelenk hervorgerufen werden (Imhoff und Ledermann 1996).

Ein intrinsisches Impingement entsteht durch die unmittelbaren degenerativen Veränderungen der Rotatorenmanschette selbst. Dabei werden eine überlastungsbedingte Minderdurchblutung im Bereich der Insertion des M. supraspinatus, eine Abhängigkeit der vaskulären Situation der Sehne von der Armstellung und eine repetitive Überlastung der Rotatorenmanschette beschrieben.

2.2.3 Rupturen der Rotatorenmanschette

Die Wahrscheinlichkeit eine partielle bzw. komplette Ruptur zu erleiden, steigt mit zunehmendem Alter deutlich an. So zeigen sich bei über 70-Jährigen bei mehr als 50% Rotatorenmanschettenläsionen und bei über 80-Jährigen beträgt der Anteil schon 80% (Milgrom et al. 1995). Bis zu 50% aller Rupturen der Infra- und Supraspinatussehne sind atraumatischer Ursache (Habermeyer und Lehmann 2002). Oft werden im klinischen Sinne bereits vorgeschädigte Sehnen durch ein Trauma bedeutsam.

In der Literatur sind unterschiedliche Klassifizierungen der Rotatorenmanschettenläsionen zu finden. Einige gebräuchliche Einteilungen werden hier kurz vorgestellt.

Nach Neer und Poppen (1987) lassen sich die Rotatorenmanschettenrupturen in drei Gruppen gliedern. Der ersten Gruppe sind die ursächlich traumatischen, die etwa 5% der Rupturen betragen, zuzuordnen, von denen meist unter 40-jährige Patienten betroffen sind. Zur zweiten Gruppe zählen die Rupturen der Rotatorenmanschette in Verbindung mit einer Schultergelenkluxation. Zur dritten Gruppe gehören die degenerativen Rupturen der Rotatorenmanschette nach einem Impingement-Syndrom, welche zunächst inkomplett acromialseitig, intratendinös oder gelenkseitig auftreten. Diese können sich zu kompletten Rupturen entwickeln, mitunter bis zum vollständigen Verlust der Rotatorenmanschette.

Die Einteilung der Rotatorenmanschettenläsionen in Stadien nach Neer wurde im Abschnitt 2.2.2 (S. 20) Impingement-Syndrom bereits vorgestellt.

Ellman (1993) unterscheidet die Partialrupturen entsprechend der Lokalisation in artikulär-seitige oder bursaseitige Läsionen und der Defektgröße von kleiner als 3 mm bis größer 6 mm in drei Grade.

Nach Bateman (1963) lassen sich die kompletten Rupturen der Rotatorenmanschette nach der Breite des Defektes von Grad I – IV von kleiner 1 cm bis größer 5 cm einordnen.

Bei der Klassifikation von Patte (1990) handelt es sich um eine Einteilung nach anatomischen Gesichtspunkten und der Lokalisation der Läsion in 4 Gruppen. Die Gruppe 1 schließt partielle, intramurale, komplette Läsionen des M. supraspinatus ein. Zur Gruppe 2 werden kleine Rupturen des M. supraspinatus, welche nicht größer als 1 cm messen, gezählt. In die 3. Gruppe werden die großen, kompletten Defekte des M. supraspinatus bis zu 3 cm mit evtl. Beteiligung des M. infraspinatus oder M. subscapularis zusammengefasst. Zur 4. Gruppe gehören die massiven Rotatorenmanschettenläsionen mit Anzeichen von Arthrose.

Mit den immer mehr an Bedeutung gewinnenden arthroskopischen Operationen stellt Snyder (1993) eine neuere Klassifikation, mit der Beschreibung der Lokalisation und der Größe der Rotatorenmanschettenläsion, vor. Er unterteilt in artikulärseitige (A) und bursaseitige (B) Partialläsionen sowie komplette Läsionen (C) und unterscheidet nach der Defektgröße von Grad 0 (Normalbefund) bis Grad 4 (>3 cm).

Für die prognostische Einschätzung der Rupturen sind die Form, die Anamnesedauer, die Sehnenretraktion, die Sehnenqualität und die Muskelatrophie von erheblicher Bedeutung (Habermeyer und Lehmann 2002). In Abhängigkeit von der Größe und Lokalisation gehen Rupturen der Rotatorenmanschette immer mit einem enormen Kraftverlust, der für die verschiedenen Bewegungsrichtungen anteilig hoch ist, einher (Wiedemann und Löhner 2002).

2.3 Operative Methoden bei verschiedenen Erkrankungen und Verletzungen des Schultergelenkes

Je nach Verletzungsbild oder Erkrankung des Schultergelenkes ist in Abhängigkeit von differenzierten und beeinflussenden Faktoren eine konservative oder operative Therapie indiziert. Zum Beispiel gilt beim Vorliegen eines Traumas ein operativer Eingriff häufig als obligatorisch und eine alleinige konservative Behandlung als unzureichend, wenn sich der Patient in einem Alter mit hohem Funktionsanspruch an das Schultergelenk für Beruf, Sport und Alltag befindet. Andernfalls bedingen einige Diagnosen eher eine konservative Therapiemaßnahme und rechtfertigen erst beim Versagen dieser einen operativen Eingriff. Somit sollte bei jeder Diagnose mit entsprechendem klinischem Befund die weitere Therapie in Abhängigkeit von der individuellen Situation des Patienten abgewogen werden. Es ist unbedingt abzuklären, ob eine Operation einen verbesserten Zustand für das Gelenk und für den Patienten anzeigt.

In den folgenden Abschnitten werden die operativen Verfahren zur Wiederherstellung der Biomechanik des Schultergelenkes für Patienten mit ventraler Schulterinstabilität, Impingement-Syndrom und Rotatorenmanschettenruptur vorgestellt.

2.3.1 Ventrale Schulterstabilisierung

Ein operativer Eingriff, im Sinne einer Stabilisierung des Gelenkes, ist bei jungen Patienten bis zu 25 Jahren schon nach einer traumatischen Erstluxation der Schulter angezeigt (Wiedemann 2002a). Die Wahrscheinlichkeit für Rezidive ist umso höher, je jünger der Patient ist (Rowe 1980). Eine stabilisierende Operation ist in jedem Fall indiziert, wenn sich der Patient bereitwillig zeigt und anamnestisch, klinisch und bildgebend alles für den Eingriff spricht, da die Wahrscheinlichkeit nach zwei Rezidiven weitere zu entwickeln, schon bei 78% liegt (Hovelius et al. 1996). Eine genaue Anamnese, klinische Untersuchung und die bildgebende Diagnostik der Instabilitätsform ist unumgänglich, da z. B. bei einer atraumatischen Instabilität andere Methoden angezeigt sind als bei einer traumatischen Schulterinstabilität (Wiedemann 2002a).

Beim Vorliegen einer traumatischen vorderen Instabilität führt eine Operation zur definitiven Stabilisierung des Gelenkes mit nur geringer Funktionseinschränkung (Wiedemann 2002b).

Es gibt weit über 200 verschiedene Operationsverfahren zur Behandlung der rezidivierenden vorderen Schulterinstabilität. Vorrang wird den anatomischen Rekonstruktionsverfahren gegeben, da diese durch die geringe Rezidivrate und dem funktionellen Ergebnis in Bezug auf Kraft, Beweglichkeit und Schmerz anderen Methoden überlegen ist (Wiedemann 2002a). Welches Verfahren angewandt wird, entscheidet letztlich der Operateur, aufgrund der gestellten Diagnose und seiner Erfahrungen bezüglich der Operationstechniken.

Zu den anatomischen Rekonstruktionsverfahren der ventralen Stabilisierung zählt die Refixation des abgerissenen Kapsel-Labrum-Komplexes nach Bankart (Bankart 1939, Gill et al. 1997, Rowe et al. 1978) und die vordere Kapselplastik nach Neer (1990). Exemplarisch werden diese Operationsmethoden hier kurz vorgestellt, da in der Untersuchungsgruppe dieser Arbeit bei allen Patienten eines oder in Kombination beide Verfahren Anwendung fanden.

Die bei einer traumatischen vorderen Luxation typischen Verletzungen, z. B. die Bankart-Läsion, mit Abriss des Labrum-Kapsel-Komplexes vom vorderen unteren Pfannenrand und die zusätzliche Dehnung der Kapsel und der glenohumeralen Bänder, werden durch die Operation rekonstruiert. Dieses Procedere geschieht in mehreren Schritten.

Vor der offenen Rekonstruktion der stabilisierenden Strukturen ist eine vorangestellte Arthroskopie zur weiterführenden Diagnostik der relevanten Schultergelenksabschnitte erforderlich.

Nach Anfrischen des Pfannenrandes werden in diesen Fadennahtanker eingebracht. Daraufhin werden die Fäden mit der Kapsel medial und lateral des Labrums durchstochen und anschließend verknotet. Ziel ist die flächige Anpressung des Labrum-Kapsel-Komplexes an den Pfannenrand.

Zur Normalisierung des Kapselvolumens und der Rekonstruktion wichtiger Bänder ist eine Kapselplastik angezeigt. In offener OP-Technik erfolgt die Öffnung der Kapsel T-förmig. Anschließend werden die entstandenen Kapseldreiecke übereinander geschlagen und gedoppelt. Der laterale Rand des unteren Kapseldreiecks wird nach kranial und der laterale Rand des kranialen Kapseldreiecks nach kaudal gezogen und jeweils mit den Kapselresten am Tuberculum minus vernäht. Dadurch kommt es zur dreidimensionalen Verkleinerung der Gelenkkapsel.

2.3.2 Arthroskopische subakromiale Dekompression (ASD)

In Abhängigkeit vom Anforderungsprofil des Patienten, dem Zustand der Rotatorenmanschette und der knöchernen Beschaffenheit des Akromions, ist die arthroskopische subakromiale Dekompression indiziert (Lichtenberg und Habermeyer 2002).

Beim Vorliegen eines primären chronischen Impingement-Syndroms im Stadium II nach Neer, in Verbindung mit einer erfolglosen konservativen Behandlung über 3 Monate, ist die Arthroskopie zweckmäßig (Klein et al. 1992). Die exakte Abklärung der Impingementform ist vor dem Eingriff unumgänglich, da bei sekundären Impingementformen eine subakromiale Dekompression kontraindiziert ist (Lichtenberg und Habermeyer 2002).

Die heutzutage durchgeführte arthroskopisch subakromiale Dekompression geht auf die von Neer (1972) beschriebene offene vordere Akromioplastik zurück. Dabei erfolgt die Erweiterung des Raumes durch die Beseitigung der knöchernen Einengung. Außerdem schließt die Operation die Entfernung entzündlichen Gewebes als auch die Veränderung weiterer einengender Strukturen ein.

Zur Abklärung von Veränderungen der Sehnen, des Labrums und der Gelenkkapsel wird zunächst das Glenohumeralgelenk arthroskopisch diagnostiziert. Danach schließt sich die Bursoskopie an. Dies beinhaltet die vollständige Resektion der meist entzündeten und verdickten Bursa subacromialis von der Rotatorenmanschettenoberfläche und der Akromionunterfläche. Weiterhin erfolgt durch die Knochenresektion an der Unterfläche des Akromions eine Umwandlung des Akromion-Typs II und III in einen Akromion-Typ I. Außerdem wird das Ligamentum coracoacromiale von seinem akromialen Ansatz an der Vorder- und Unterfläche des Akromion reseziert. Zusätzlich können im selben Eingriff vorliegende Partialläsionen der Supraspinatussehne geglättet bzw. rekonstruiert werden.

2.3.3 Rekonstruktion der Rotatorenmanschette

Entscheidende Kriterien für die Indikation zur operativen Rekonstruktion der Rotatorenmanschette sind neben den objektiven Parametern, auch die subjektiven Eigenschaften. Dazu zählen der Funktionsanspruch und die Motivation des Patienten. Einerseits hat der Funktionsanspruch in der heutigen Zeit deutlich zugenommen und viele Ältere gestalten ihr Leben aktiv und sportlich, wodurch der Rotatorenmanschettenrekonstruktion ein anderer Stellenwert zukommt als früher (Habermeyer und Lehmann 2002). Zum anderen ist die

postoperative Rehabilitation langwierig, was eine ausreichende Motivation des Patienten voraussetzt. Auch ein älterer, motivierter und aktiver Patient kann von einem operativen Eingriff profitieren. Nicht alleinig das Alter ist maßgebend für den operativen Eingriff. Zumal die postoperativen Ergebnisse nicht dem Alterseinfluss unterliegen, wie früher angenommen wurde (Hattrup 1995).

Allerdings haben die motivationsunabhängigen, objektiven Parameter einen ebenso bedeutenden Einfluss für die Intervention zur Rekonstruktion. Dazu zählen der acromiohumerale Abstand, der für einen kompletten Defektverschluss nicht unter 5 mm betragen sollte; die Größe und die Lokalisation der Läsion, da isolierte Rupturen der Supraspinatussehne eine günstigere Prognose für eine Rekonstruktion aufweisen als z. B. Massenrupturen; die Qualität des Sehngewebes, weil diese die Nahtqualität beeinflusst; die Retraktion der Sehne und nicht zuletzt die passive Gelenkbeweglichkeit (Habermeyer und Lehmann 2002). Aufgrund dieser Faktoren ist nicht für jede Rotatorenmanschettenruptur ein rekonstruktives Verfahren angezeigt. Wird in der vorgeschalteten Arthroskopie festgestellt, dass die Sehnen nicht mehr zu rekonstruieren sind, erfolgt die Akromioplastik nach Neer (Neer 1972) und ein Debridement mit Glättung der Sehnenränder, zur Verbesserung der Schmerzsituation.

Ergibt sich die Möglichkeit der Rekonstruktion, entscheidet der Operateur aufgrund der Diagnose und seiner Erfahrungen, welches Verfahren er bevorzugt.

Da in der Untersuchungsgruppe dieser Arbeit ausschließlich Patienten mit einer Ruptur der Supraspinatussehne vorzufinden sind, wird hier exemplarisch auf die Rekonstruktion der Supraspinatussehne eingegangen. Bei kleinen Rupturen erweist sich ein Mini-Open-Repair als günstiger als die offene Rekonstruktion (Baker und Liu 1995). Der Schnitt fällt kleiner aus und Muskelablösungen entfallen.

Kann aufgrund der Rupturgröße und Sehnenretraktion keine arthroskopische Naht bzw. ein Mini-Open-Repair durchgeführt werden, ist die offene Rekonstruktion der Sehne obligat. Dabei wird in einem ersten Schritt der M. deltoideus vom Akromion abgetrennt und gesplittet und die Bursa subdeltoidea präpariert. Anschließend erfolgt die vordere Akromioplastik, wenn dies angezeigt ist. Hierbei wird das Ligamentum coracoacromiale durchtrennt und die Osteotomie des Akromions durchgeführt. Nun wird die retrahierte Sehne mobilisiert und im Sinne einer Klettertechnik am Tuberculum majus mittels transossärer Nahttechnik oder mit Fadenankersystemen reinseriert. Die transossäre Reinseration erfolgt durch die Anlage einer Knochennut am Tuberculum majus sowie das Einbringen von Bohrkanälen, wodurch die Sehne mittels Faden möglichst spannungsfrei

fixiert werden kann. Beim Vorliegen einer Subscapularissehnenruptur, kombinierter Läsionen mehrerer Sehnen der Rotatorenmanschette mit oder ohne Beteiligung der langen Bizepssehne oder Massenrupturen werden je nach Befund andere Operationstechniken durchgeführt. Diese können partielle Rekonstruktionen als auch Muskel-Transfer-Verfahren beinhalten (Habermeyer und Lehmann 2002).

2.4 Postoperative Rehabilitation nach Eingriffen am Schultergelenk

Als obligate Zielstellung der postoperativen Rehabilitation nach Operationen am Schultergelenk gilt die vollständige Wiederherstellung der Schulterfunktion. Grundlegend dafür ist eine abgestimmte Kombination aller therapeutischen Maßnahmen, um die Einflussgrößen der Schulterfunktion zu optimieren. Eine vollständige Beweglichkeit, eine situationsadäquate Kraft, eine belastungsabhängige Ausdauer bei absoluter Schmerzfreiheit bilden die Voraussetzung, um eine funktionelle Stabilität der Schulter im alltäglichen Leben, im beruflichen und im sportlichen Bereich zu gewährleisten.

Zu den wichtigsten therapeutischen Maßnahmen gehören die verschiedenen Verfahren der Physiotherapie und der Medizinischen Trainingstherapie (MTT), welche aufgrund ihrer eigenständigen Methoden unterschiedliche Zielsetzungen beinhalten. In der Physiotherapie werden verschiedene Verfahren eingesetzt, um eine Schmerzreduktion, eine Verbesserung der Beweglichkeit und eine muskuläre Stabilisation zu erreichen. Der Schwerpunkt in der MTT liegt in der Verbesserung der motorischen Hauptbeanspruchungsformen. Von besonderer Wichtigkeit ist die koordinierte Abstimmung und Kongruenz der verschiedenen Maßnahmen aus der Physiotherapie und der MTT, um das gemeinsame Ziel – die Funktionalität des Schultergelenkes wiederherzustellen – zu verfolgen. Dementsprechend sind die Inhalte der Therapie individuell und planvoll anzuwenden.

Im folgenden Abschnitt werden aufgrund der durchgeführten Untersuchung in der Medizinischen Trainingstherapie ausschließlich wichtige Aspekte der MTT erläutert.

2.4.1 Ziele und Maßnahmen der Medizinischen Trainingstherapie

Die Medizinische Trainingstherapie integriert die verschiedenen Methoden aus der Sportmedizin, Physiotherapie und aus der Trainingswissenschaft, mit dem Ziel der funktionellen und morphologischen Anpassung an die spezifischen Belastungsreize (Ehrich und Gebel 2000).

Aufgrund der Komplexität der MTT trägt sie neben den Verfahren der Physiotherapie und der physikalischen Therapie in entscheidendem Maße zum Erfolg der ambulanten Rehabilitation bei. Durch die Tatsache, dass Verletzungen von Strukturen den gesamten Körper beeinflussen, bekommt die ganzheitliche Ausrichtung der MTT einen besonderen Stellenwert. Dabei werden innerhalb der MTT die fünf motorischen Hauptbeanspruchungsformen Kraft, Koordination, Ausdauer, Flexibilität und Schnelligkeit optimiert, deren Trainingsprinzipien aus dem Leistungssport hervorgingen. Diese Grundeigenschaften sind auf den Bereich der Rehabilitation nicht uneingeschränkt übertragbar, da hierbei die motorischen Lernprozesse und die Phasen der Wundheilung verletzter Strukturen individuell Beachtung finden müssen (Felder et al. 1998).

Eine zentrale Rolle innerhalb der MTT spielt die Kraftausbildung, da diese als Grundlage für die konditionellen Fähigkeiten entscheidend ist. In Abhängigkeit von der Indikation sowie dem Anforderungsprofil des Patienten erhält das Aufbautraining der verschiedenen Beanspruchungsformen einen unterschiedlichen Stellenwert in der Rehabilitation.

Prinzipiell lässt sich das Aufbautraining in der MTT in Phasen einteilen, wobei in der Literatur unterschiedliche Gliederungen mit vier (Froböse und Fiehn 1998, Heisel 2005) bzw. fünf Abschnitten (Ehrich und Gebel 2000) zu finden sind. Alle Einteilungen weisen eine aufeinander abgestimmte Phasenstruktur auf, welche eine allmähliche Belastungssteigerung gewährleistet. Die Dauer der einzelnen Stufen richtet sich unabdingbar nach der Verletzung, der Art der durchgeführten Behandlung, dem aktuellen Heilungsverlauf und den individuellen körperlichen Gegebenheiten (Heisel 2005). Daran angepasst werden in jeder Phase Therapieziele (Schmerzreduktion, Mobilisation, funktioneller Muskelaufbau, Stabilisation,...), Therapiemethoden (isometrisches, konzentrisches, propriozeptives Training, Koordinations- und Ausdauertraining,...), Therapieinhalte (isometrische Anspannungsübungen, Koordination in offener und geschlossener Kette, dynamisches Kraft- und Ausdauertraining,...), Therapiemittel (Isokinetikgeräte, Sequenztrainingsgeräte, Ergometer, Seilzüge,...) und entsprechende Trainingszeiten festgelegt (Ehrich und Gebel 2000).

2.4.2 Postoperative Belastungsgestaltung in der Medizinischen Trainingstherapie

Eine Vielzahl der orthopädischen operativen Eingriffe erfordert eine vorübergehende postoperative Ruhigstellung des entsprechenden Gelenkes oder Körperabschnittes, um eine ungestörte Gewebeheilung ab der ersten Phase zu gewährleisten. Bei Operationen an der Schulter, welche die Rekonstruktion von Sehnen oder anderen Weichteilgeweben mit Anheftung an knöcherne Strukturen beinhalten, sind je nach Art des operativen Eingriffes, Immobilisationszeiten von mehreren Wochen erforderlich. Alle Strukturen im betreffenden Gelenk unterliegen in dieser Zeit Veränderungen, welche unmittelbares Resultat der Ruhigstellung sind.

Die Auswirkungen in den verschiedenen Geweben durch die fehlende Belastung weisen bezüglich der Zeitdauer große Unterschiede auf. Ein quantitativer und qualitativer Substanzverlust sind unvermeidbar, der sich aufgrund der unterschiedlichen Reaktionen in den Geweben differenziert darstellt (Diemer und Sutor 2007).

So zeigt auch die Muskulatur vielfältige strukturelle und funktionelle Veränderungen, aufgrund einer Immobilisation (Appell 1986, Booth 1987, Tegtbur et al. 2009), die jedoch weitestgehend reversibel sind (Diekstall et al. 1995).

Die Gestaltung der postoperativen Therapiebelastung ist von mehreren Faktoren abhängig und beeinflusst diese entscheidend. Prinzipiell sind die ärztlichen Belastungsvorgaben und die individuellen Belastungsgrenzen zu beachten. Zu den grundsätzlichen Einflussfaktoren zählen das Alter, die allgemeine Konstitution, eventuelle Grunderkrankungen, die Art der Verletzung mit intraoperativem Befund, der Zustand nach der Operation und der Zeitraum bis zum Therapiebeginn. Aufgrund der unterschiedlichen Anpassungsvorgänge der Gewebe müssen die Phasen der Wundheilung unbedingt Beachtung finden (Diemer und Sutor 2010). Da die Veränderungen infolge der Ruhigstellung nicht nur an Sehnen, Knochen, Bändern und der Muskulatur, sondern auch an anderen Systemen im menschlichen Körper vorzufinden sind, müssen diese ebenfalls bei der Belastungsgestaltung Berücksichtigung finden. So spielen neurologisch betrachtet die hemmenden Einflüsse des Schmerzes und pathologische Zustände im Gelenk, wie ein Gelenkerguss, eine wesentliche Rolle für die willkürliche Muskelaktivität. Generell gelten für die postoperativen Adaptationsvorgänge im Muskel und anderen Geweben die gleichen Anpassungsvorgänge wie sie aus der Trainingswissenschaft bekannt sind. Zum Auslösen anpassungsbedingter Veränderungen im beteiligten Gewebe ist ein adäquater und regelmäßiger Reiz Voraussetzung. Dabei ist im rehabilitativen Prozess von einem niedrigen Ausgangsniveau auszugehen, da ein

immobilisiertes und vorgeschädigtes Gewebe vorliegt. In diesem Sinne dürfen etwaige Trainingsreize zu Beginn der Rehabilitation lediglich regenerierend wirken. Eine zu frühe Mobilisation wirkt kontraindiziert auf die operierten Strukturen, hingegen bedürfen die gesunden Strukturen einer frühzeitigen Reizsetzung.

2.4.3 Isokinetisches Training in der Medizinischen Trainingstherapie

Das Isokinetiktraining stellt eine besondere Form des dynamischen Trainings dar und ist durch spezielle Eigenschaften gekennzeichnet, wodurch es sich als vorteilhaft für die postoperative Rehabilitation nach Schultergelenkserkrankungen erweist.

Die Wirkungsweise isokinetischer Trainingsgeräte basiert auf einer konstanten Geschwindigkeit während der durchzuführenden Bewegung. Der Begriff „Isokinetik“ ist dem Griechischen entnommen und bedeutet: iso = gleich und kinesis = Bewegung.

Ein Training an isokinetischen Geräten vereint viele Vorteile, denen lediglich die hohen Anschaffungskosten der Geräte, der apparative Aufwand und die „künstliche Belastungsform“ als Nachteile gegenüberstehen (Froböse 1999).

Als besonders vorteilhaft beim isokinetischen Trainingsprinzip zeigt sich die Tatsache, dass der Widerstand nicht durch Gewichtsbelastungen von außen vorgegeben wird, sondern sich der jeweils aufgebrachten Kraft und ihrer Einflussfaktoren Ermüdung und Schmerz anpasst. Damit ist es als therapeutisches Trainingsgerät frühzeitig postoperativ einzusetzen. Aufgrund dieser Funktionen ist eine optimale Belastung in allen Winkelstellungen des zu therapierenden Gelenkes gewährleistet. Belastungsspitzen in geschädigten bzw. frisch operierten Strukturen können während der Bewegungsdurchführung vermieden werden.

Bekannt ist, dass sich durch eine Veränderung des Gelenkwinkels die Hebellängen des verantwortlichen Skelettmuskels ändern. Folglich sind in Endstellungen des Gelenkes geringere Spannungsentwicklungen des Muskels möglich als in Mittelpositionen. Über eine Vorgabe der Gewichtsbelastung von außen kann kein optimales Training in allen Winkelstellungen des Gelenkes gewährleistet werden. Beruhend auf dieser Tatsache wird die positive Eigenschaft des sich anpassenden Widerstandes in allen Gelenkstellungen und der daraus resultierenden optimalen Belastung auch in Endbereichen einer Bewegung beim isokinetischen Training hervorgehoben. Ein weiterer Vorteil zeigt sich in der Möglichkeit des kombinierten konzentrischen und exzentrischen Trainings, wodurch die Kraftfähigkeit

von Muskeln effektiver trainiert werden kann (Froböse und Fiehn 1998, Tegtbur et al. 2009).

Aufgrund der Möglichkeit in verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen isokinetisch zu trainieren, ist ein vielseitiges auf die jeweilige Zielstellung ausgerichtetes Training gewährleistet. Isokinetikgeräte können durch die objektive Datenerhebung optimal als Testgeräte eingesetzt werden. Die dabei erfolgte Erfassung aller trainingsmethodisch relevanten Daten wie Arbeit, Weg und Leistung spielt für die Trainingsplanung und der genauen Trainingssteuerung eine wesentliche Rolle (Froböse 1999).

Aufgrund der speziellen Eigenschaften der Isokinetik stellt sie für die Rehabilitation ein unverzichtbares Trainingsmittel dar. Dennoch wird in der Literatur gerade der postoperative Einsatz unterschiedlich gewertet und befürwortet (Felder et al. 1998, Hauser-Bischof 2003). Im Frühstadium der Rehabilitation ist eine für geschädigte bzw. frisch operierte Strukturen angepasste Belastung von hoher Wichtigkeit, um den Heilungsprozess positiv zu unterstützen bzw. zu beschleunigen.

Durch die konstante Bewegungsgeschwindigkeit beim isokinetischen Training können keine Beschleunigungs- und Bremskräfte aufgrund einer Übermotivation des Patienten hervorgerufen werden. Damit wird eine Überbelastung durch Belastungsspitzen in geschädigten bzw. frisch operierten Strukturen während der Bewegungsdurchführung vermieden. Durch die Anpassung des Widerstandes an eine eintretende Ermüdung und auftretende Schmerzen ist eine Überbelastung der betroffenen Strukturen beim Patienten ausgeschlossen. Aufgrund der optimalen Belastung – konzentrischer und exzentrischer Art – werden schneller Trainingseffekte in Form eines Kraftzuwachses erreicht als mit anderen Trainingsformen (Froböse 1999, Tegtbur et al. 2009). Im Sinne einer raschen Wiedereingliederung in das Berufsleben spielt diese Tatsache eine wesentliche Rolle innerhalb der Rehabilitation. Untersuchungen von (Thomas et al. 2001b) zeigten, dass andere einzusetzende Geräte zur kontinuierlichen Kraftentwicklung nach Schulteroperationen deutliche Nachteile aufweisen und geben dem isokinetischen Training, speziell der Seilzugisokinetik, eindeutig den Vorrang. Der wesentliche Unterschied liegt bei den anderen Geräten in den nicht zu quantifizierenden zu hohen Anfangskräften, z. B. beim Seilzug oder auch die maximalen Widerstände in den Endstellungen beim Therapiebandtraining.

2.5 Leistungsdiagnostik

Im Rahmen der Leistungsdiagnostik werden Verfahren eingesetzt, welche die aktuelle Leistungsfähigkeit oder den erreichten Leistungsstand anhand von Kenngrößen und Merkmalen erfassen und beurteilen (Schnabel 1994). Für die Bewertung kardiopulmonaler Funktionsparameter werden Belastungsuntersuchungen mit simultaner EKG-Registrierung und Blutdruckmessung auf speziellen Ergometern durchgeführt. Dabei spielt die Ermittlung der Reaktionen von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel anhand der Spiroergometrie eine wesentliche Rolle.

Für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit dienen maximale (Maximalleistung, maximale Sauerstoffaufnahme) und submaximale Kenngrößen (aerobe und anaerobe Schwelle). Zur Bewertung der maximalen Parameter muss eine Ausbelastung vorgelegen haben. Hingegen sind die submaximalen Werte unabhängig von der Anstrengung und Motivation des Untersuchten. Zur Bestimmung spezifischer Schwellen kann die Laktatdiagnostik und die Spiroergometrie herangezogen werden (Meyer 2007).

Aus den Resultaten lässt sich die körperliche Leistungsfähigkeit einschätzen, kardiopulmonale Einschränkungen objektivieren und eine gezielte Trainingssteuerung vornehmen.

In den folgenden Abschnitten sollen die Spiroergometrie mit den relevanten Messgrößen und verschiedene Schwellenkonzepte kurz vorgestellt werden.

2.5.1 Spiroergometrie

Die Spiroergometrie, auch Ergospirometrie genannt, stellt eine nichtinvasive Messmethode zur Beurteilung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit dar (Winter und Löllgen 1997a). Sie lässt sich als ein diagnostisches Verfahren charakterisieren, welches auf speziellen Ergometern mit einer dosierten Belastung unter gleichzeitiger Bestimmung der Atemgase zur Ermittlung der aktuellen Leistungsfähigkeit durchgeführt wird. Anhand der Spiroergometrie können qualitativ und quantitativ die Reaktionen und das Zusammenspiel von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel während einer ansteigenden Belastung analysiert werden. Dabei erfolgt über eine Atemmaske bei jedem Atemzug (breath-by-breath) die Messung der Sauerstoffaufnahme, Kohlendioxidabgabe und des Atemminutenvolumens. Unter Verwendung dieser Größen, zusammen mit der Herzfrequenz, ergibt sich die Möglichkeit der Berechnung weiterer wichtiger Parameter.

Die Atemgasanalyse stellt ein nützliches Instrument für die Beurteilung von Patienten mit kardiovaskulären und pulmonalen Einschränkungen dar. Mit der Messung können Aussagen über die funktionelle Kapazität, eine Graduierung des Schweregrades einer funktionellen Beeinträchtigung, eine objektive Evaluierung des Ansprechens therapeutischer Interventionen auf die körperliche Leistungsfähigkeit, die Objektivierung des Fortschreitens einer Erkrankung und die Differenzierung von kardialen und pulmonalen Limitationen der körperlichen Leistungsfähigkeit vorgenommen werden (Gibbons et al. 1997). Zur Leistungsüberprüfung findet häufig die Fahrradergometrie Anwendung. Aufgrund der exakten Dosierbarkeit, Abstufung, Variabilität und der sehr guten Möglichkeit der EKG-Registrierung und Blutdruckmessung stellt die Fahrradergometrie eine objektive Methode zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit dar. Ein Nachteil ergibt sich unter Umständen daraus, dass aufgrund mangelnder Muskelkraft eine unzureichende kardio-pulmonale Ausbelastung bei älteren, untrainierten Patienten auftritt (Rost und Hollmann 1982).

In Abhängigkeit vom Untersuchungsziel und Klientel müssen die Kriterien zur Testdurchführung, welche die Wahl des Ergometers, die Belastungsart, die Dauer der Belastung pro Stufe und die Erfassung der messbaren Parameter einschließen, in der Planung des Tests unbedingt Berücksichtigung finden, um aussagekräftige Resultate zu gewinnen.

Im Rahmen von Belastungsuntersuchungen ist es für die nachfolgenden Aussagen bedeutungsvoll, ob eine Ausbelastung vorlag oder aufgrund beeinflussender Faktoren zuvor abgebrochen werden musste. Als Kriterien zur Beurteilung einer Ausbelastung gelten die festgelegten Parameter von Winter und Löllgen (1997a). Dazu zählen nach Winter und Löllgen (1997a) unter anderem eine Leistung von $> 90\%$ der Sollleistung, eine Herzfrequenz von $> 200 - \text{Alter}$ (möglichst $220 - \text{Alter}$), ein Laktat $> 5 \text{ mmol/l}$ (9 mmol/l sicher), ein respiratorsicher Quotient $> 1,15$ und ein Atemäquivalent > 30 mindestens (> 35 sicher). Als zuverlässigste Messgrößen der metabolischen Ausbelastung gelten der maximale respiratorische Quotient und die maximale Blutlaktatkonzentration (Duncan et al. 1997).

2.5.2 Messgrößen

Unter Verwendung der Spiroergometrie lassen sich eine Vielzahl von repräsentativen Parametern und Kenngrößen der körperlichen Leistungsfähigkeit bestimmen. Diese gewähren einen Einblick in das Zusammenspiel zwischen arbeitender Muskulatur und Herz-Kreislauf-System.

Zu den wichtigen Kenngrößen gehören neben der Leistung, die kardialen Messgrößen, wie die Herzfrequenz und der Blutdruck, die pulmonalen Parameter, wie die Sauerstoffaufnahme, die Kohlendioxidabgabe und das Atemminutenvolumen. Im Folgenden werden die wichtigsten Parameter näher erläutert.

Die maximale Leistung stellt einen wichtigen Parameter bei der Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit dar. Da die maximal erzielte Leistung von der Mitarbeit des Untersuchten abhängt, ist eine Überprüfung mit alters- und geschlechtsspezifischen Referenzwerten empfehlenswert (Löllgen et al. 1997).

Die maximale Herzfrequenz (Hf_{max}) ist unabhängig von der aktuellen Leistungsfähigkeit und vom Geschlecht. Die Herzfrequenz bei einer definierten Belastung ist abhängig vom Alter, Typ der Aktivität, Körperposition, Fitness, kardialen Erkrankungen, Medikamenten, Blutvolumen und -zusammensetzung und Umwelt (Wonisch et al. 2003b). Die Hf_{max} nimmt ab dem 30. Lebensjahr ab.

Die vielfach angewendete Formel: $Hf_{max} = 220 - \text{Alter}$ ist ungenau, da eine Unterschätzung der Hf_{max} im Alter und eine Überschätzung in jüngeren Lebensjahren erfolgt und eine individuelle Streuung von ± 15 Schläge pro Minute auftritt (Tanaka et al. 2001).

Die Herzfrequenz erhöht sich linear mit ansteigender Belastung und erreicht das Maximum beim symptomlimitierten Abbruch der Belastung.

Der Blutdruck ist eine Funktion des Produkts aus Herzzeitvolumen und totalem peripheren Gefäßwiderstand. Das Herzzeitvolumen steigt während Belastung stärker an als der Gefäßwiderstand abfällt, so dass es unter ansteigender Belastung zu einem linearen Anstieg des Blutdruckes kommt. Der Anstieg des diastolischen Blutdruckes ist deutlich geringer als der des systolischen Blutdruckes (Kindermann 2007).

Für die Beurteilung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit besitzt der Blutdruck keine Aussagekraft. Dennoch hat die Messung klinische Relevanz, da aus Auffälligkeiten des Blutdruckverhaltens während ansteigender Belastung Rückschlüsse gezogen werden können (Hollmann et al. 2006).

Die *maximale Sauerstoffaufnahme* (VO_{2max}) gibt die größte O_2 -Aufnahmemenge pro Minute an, die bei dynamischer Arbeit mit dem Einsatz großer Muskelgruppen durch den Körper aufgenommen werden kann (Hollmann et al. 2006). Sie gilt als Bruttokriterium der kardiopulmonalen und metabolischen Kapazität und umfasst alle an der Leistungserbringung beteiligten Mechanismen. Dabei wird die maximale Fähigkeit der Sauerstoffaufnahme nicht durch ein einzelnes System limitiert, sondern durch das gleichmäßige Erreichen der Grenzen mehrerer Funktionssysteme. Die Angabe erfolgt in ml/min und l/min oder zum besseren Vergleich in Bezug zum Körpergewicht in ml/min/kg. Die maximale Sauerstoffaufnahme ist ein objektives Maß der körperlichen Leistungsfähigkeit und lässt sich nichtinvasiv ermitteln. Der Normalwert der VO_{2max} ist geschlechts- und altersabhängig. Zur korrekten Bestimmung der VO_{2max} ist eine Ausbelastung notwendig. Sichtbar wird dies in einem „levelling off“ – trotz steigender Belastung bleibt die Sauerstoffaufnahme konstant, was in einer Abflachung der Kurve zu sehen ist. Liegt kein „levelling off“ vor, sollte eher der Begriff VO_{2peak} verwendet werden. Das „levelling off“ als Indikator für die Ausbelastung zu verwenden, sollte nicht unkritisch geschehen, da technische und physiologische Argumente gegen die Anwendung sprechen (Meyer 2007). Mitunter wird überhaupt kein Plateau erreicht (Duncan et al. 1997). Es existieren zahlreiche Normwertangaben bzw. Sollwertformeln für die maximale Sauerstoffaufnahme. Bezogen auf Vergleiche ermittelter Werte mit Normwerten ist die Ergometrieform zu beachten, da auf der Laufbandergometrie ca. 10 – 15% höhere VO_{2max} Werte zu verzeichnen sind als bei der Fahrradergometrie.

Das *Atemminutenvolumen* (V_E) ergibt sich aus dem Produkt von Atemfrequenz und Atemzugvolumen und wird in l/min angegeben. Unter Belastung erfolgt bei Gesunden eine Steigerung des Atemminutenvolumens auf niedrigen Belastungsstufen über eine Erhöhung des Atemzugvolumens. Bei höheren Belastungen wird die weitere Steigerung des AMV durch den Anstieg der Atemfrequenz gewährleistet.

Das *Atemäquivalent* (V_E/VO_2) ergibt sich aus dem Quotienten des Atemminutenvolumens und der Sauerstoffaufnahme.

Bei Überschreitung eines Wertes von 30 bis 35 in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Trainingszustand ist der Grenzbereich der körperlichen Leistungsfähigkeit erreicht. Ansteigende Belastung führt zunächst zu einem Absinken des Atemäquivalents aufgrund der günstigeren Atmungsökonomie als im Ruhezustand. Bei weiterer Erhöhung der Belastung steigt das Atemäquivalent in Abhängigkeit von Intensität, beanspruchter Muskulatur, Trainingszustand, Geschlecht, Alter und Klima an (Hollmann et al. 2006).

Der Respiratorische Quotient (RQ) gibt das Verhältnis von Kohlensäureabgabe zu Sauerstoffaufnahme pro Zeiteinheit an.

Dieser beträgt in Ruhe 0,85 unter der Voraussetzung einer gemischten Ernährung. Mit Belastungsanstieg erhöht sich die CO₂-Ausscheidung, womit RQ zunimmt. Der RQ dient als Messgröße zur Beurteilung der Ausbelastung, da es bei Belastungen jenseits der anaeroben Schwelle zur vermehrten Kohlendioxidbildung infolge der Bicarbonat-Pufferung kommt (Hollmann et al. 2006).

2.5.3 Laktatschwellen und ventilatorische Schwellen

Für die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit über maximale Parameter ist eine Ausbelastung des Untersuchten notwendig. Durch die Bestimmung von submaximalen Parametern können unabhängig von der Ausbelastung und der Motivation des Untersuchten ventilatorische Schwellen und Laktatschwellen bestimmt werden.

Dabei werden die respiratorischen Größen zur Ermittlung ventilatorischer Schwellen mittels der Spiroergometrie genutzt. Für die Bestimmung von Laktatschwellen werden aus der Blutlaktatkonzentration die Werte im Rahmen der Laktatdiagnostik gewonnen.

Als bedeutungsvoll erweist sich der aerob-anaerobe Übergang. Der erste Laktatanstieg wird als Laktatschwelle oder aerobe Schwelle (AeS) bezeichnet und endet mit der anaeroben bzw. individuellen anaeroben Schwelle (IAS), die das maximale Laktat-Steady-State (maxLass) widerspiegelt. Dem ersten Laktatanstieg entspricht die ventilatorische Schwelle VT 1. Der zweite überproportionale Anstieg der Ventilation stellt die VT 2 dar und wird als respiratorischer Kompensationspunkt (RCP) bezeichnet. Dieser liegt im Bereich der IAS, ist aber nicht auf den Punkt identisch (Kindermann 2004).

Es existiert eine Vielzahl von Methoden zur Bestimmung von Laktatschwellen, die eine unterschiedliche Validität aufweisen. Die Nutzung fixer Schwellen wird als unzureichend bewertet, da es doch erhebliche interindividuelle Unterschiede gibt. Die Bestimmung individueller anaerober Schwellen ist daher eher anzustreben. Auf die einzelnen Methoden soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden.

Eine Möglichkeit zur validen Bestimmung der Belastungsintensität zum Zeitpunkt des maximalen Laktat-Steady-State stellt die Methode nach Braumann et al. (1991) dar. Das Verfahren wird hier kurz erläutert, da dieses in der vorliegenden Untersuchung Anwendung fand. Es beinhaltet einen Doppelstufentest, bei dem in einem 1. Belastungstest durch eine

ansteigende Belastung ein hoher Laktatwert induziert wird, der in der folgenden Pause weiter ansteigt, um dann abzusinken. Infolge der niedrigen Belastung in der Pause überwiegt die Laktatelimination der Laktatneubildung. In der darauf folgenden 2. Belastungsphase flacht die Laktat-Leistungs-Kurve weiter ab bis zum erneuten Anstieg dieser, wenn die Laktatneubildung die Laktatelimination übertrifft. Der Kurventiefpunkt (Laktatsenke) entspricht dem \max_{Lass} , also jenem Bereich, in welchem bei einer Dauerbelastung ein Gleichgewicht zwischen Laktatelimination und -neubildung vorliegt.

Für die Bestimmung der ventilatorischen Schwelle und des respiratorischen Kompensationspunktes mittels respiratorischer Größen gibt es ebenfalls verschiedene Methoden, auf die hier nicht einzeln eingegangen werden soll. Ein Verfahren, welches im Rahmen dieser Untersuchung genutzt wurde, soll vorgestellt werden.

Bei ansteigender Belastung wird die anfallende Milchsäure über das Bikarbonat abgepuffert, das zusätzliche Kohlendioxid führt zu einem überproportionalen Anstieg der Ventilation – das ist die ventilatorische Schwelle (VT 1). Dies ist in einem Knick nach oben in der Kurvendarstellung der V_E gegenüber der Zeit oder Leistung oder der VCO_2 gegenüber der VO_2 zu erkennen. Der zweite überproportionale Anstieg der Ventilation (VT 2), der RCP, tritt auf, wenn die Abpufferung des anfallenden Laktats nicht mehr ausreichend stattfindet. Der RCP liegt im Bereich der anaeroben Laktatschwelle (Kindermann 2004, Meyer 2007).

Die Ermittlung von VT und RCP kann anhand der gemessenen Parameter subjektiv-visuell durch die Bestimmung der jeweiligen „Knickpunkte“ vorgenommen werden (Meyer 2007). Welches Verfahren zur Bestimmung von Schwellen Anwendung findet, hängt von den Erfahrungen des Untersuchers und der zugrunde liegenden Fragestellung ab.

Die Reliabilität der Laktatschwellen scheint den spiroergometrischen Schwellen überlegen. Zur Bestimmung der aerob/ ventilatorischen Schwelle besitzt die spiroergometrische Messung durch die einfache, sichere und schnellere Bestimmung gegenüber der Laktatdiagnostik Vorteile. Für die Bestimmung der anaeroben Schwelle stellt jedoch die Laktatdiagnostik das bessere Verfahren dar, ausgenommen die Verwendung fixer Schwellen (Meyer 2007).

3 Fragestellung

Im folgenden Kapitel wird auf das Vorhaben der Arbeit mit der resultierenden Fragestellung für die zwei Untersuchungen eingegangen.

Das Ziel der ersten Untersuchung ist die Erstellung indikationsspezifischer Referenzwerte für die isokinetische Kraftentwicklung von Patienten mit unterschiedlichen Schultererkrankungen. Die parallele Erfassung der Einflussfaktoren Beweglichkeit und Schmerz auf die Kraftentwicklung wird einen obligaten Bestandteil dieser Untersuchung darstellen. Zusätzlich sollen die subjektiven Einschätzungen der Patienten zur Schulterfunktion und zur allgemeinen Gesundheit unter Verwendung von Fragebögen evaluiert werden.

In einer zweiten Untersuchung findet die Überprüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit von operierten Schulterpatienten zu festgelegten Zeitpunkten innerhalb des Rehabilitationsprogramms statt. In diesem Zusammenhang erfolgt zu ausgewählten Zeitpunkten des Rehabilitationsprogramms die Evaluation der individuellen Belastung bei verschiedenen Therapieanforderungen. Die Resultate werden im Bezug zur individuellen maximalen körperlichen Leistungsfähigkeit einer weiteren Betrachtung unterzogen.

Anhand der Zielstellungen für die erste Untersuchung ergibt sich folgende Fragestellung:

1. Welche Steigerungsraten der isokinetischen Kraft können innerhalb eines definierten Rehabilitationszeitraumes von 20 Therapietagen bei den untersuchten Bewegungsübungen mit dem isokinetischen Seilzugsystem „Moflex®“ auf der operierten Seite für die verschiedenen Indikationen verzeichnet werden?
2. Werden zum Abschluss der Rehabilitation Unterschiede der isokinetischen Kraft und Arbeit zwischen operierter und gesunder Seite festgestellt?
3. Bestehen Unterschiede der aktiven Beweglichkeit zwischen der operierten und gesunden Seite zum Reha-Abschluss?
4. Wie verändert sich die subjektiv wahrgenommene Schmerzstärke im Rehabilitationsverlauf? Weisen die Patienten zum Reha-Abschluss völlige Schmerzfreiheit auf?

5. Zeigt sich in den subjektiven Einschätzungen, dass die Patienten zum Reha-Abschluss, im Vergleich zu Reha-Beginn, die Alltagsaktivitäten besser durchführen können und sich ihre subjektive Lebensqualität verbessert?
6. Können die ermittelten isokinetischen Kraftwerte als Referenzwerte für ein schulterspezifisches isokinetisches Training genutzt werden? Sind daraus Ableitungen für andere Trainingsmittel zu treffen?

Für die zweite Untersuchung ergibt sich nachfolgende Fragestellung:

1. Kann durch das orthopädisch ausgerichtete Rehabilitationsprogramm die körperliche Leistungsfähigkeit der Patienten verbessert werden?
2. Welche Auswirkungen haben die schulterspezifischen Therapieinhalte auf die kardiopulmonalen Parameter? Welche belastungsabhängigen Veränderungen zeigen die kardiopulmonalen Parameter im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss?
3. Wie kann die kardiopulmonale Belastung des orthopädischen Programms beurteilt werden? Welche Schlussfolgerungen lassen sich für operierte Schulterpatienten mit zusätzlichen Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems ziehen?

4 Material und Methode

Im nächsten Kapitel werden die Patienten und Verfahren beschrieben, die in die zwei Untersuchungen integriert wurden. Dabei handelt es sich einerseits um die Untersuchung bezüglich der Seilzugsokinetik und weiterer rehabilitationsspezifischer Parameter und zum anderen um die leistungsdagnostischen Untersuchungen während der Rehabilitation.

4.1 Überblick zu den Untersuchungsverfahren

Zur Beantwortung der vielfältigen Fragen wurden in Abhängigkeit vom Untersuchungsansatz differenzierte Verfahren eingesetzt. Diese verfolgen das Ziel aussagekräftige und relevante Parameter zu erhalten. Im Folgenden werden die Ansätze, die dafür verwendeten Verfahren und die untersuchten Parameter als Gesamtüberblick kurz vorgestellt. Zusätzlich wird eine Übersicht gezeigt, zu welchen Zeitpunkten der Rehabilitation die Verfahren angewendet wurden.

Neunzig Patienten absolvierten mit der operierten Seite ein therapeutisches Training mit dem isokinetischen Seilzugsystem „Moflex®“. Dabei erfolgte täglich die Ermittlung der Kraft- und Arbeitswerte für die verschiedenen Bewegungsformen. Eine Erfassung der Kraft- und Arbeitswerte der gesunden Seite zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss war ebenfalls fester Bestandteil innerhalb des Untersuchungszeitraumes. Zur subjektiven Einschätzung fand die Befragung der Patienten zu festen Zeitpunkten innerhalb der Rehabilitation statt. Die Patienten schätzten täglich die subjektiv wahrgenommene Schmerzstärke anhand einer visuellen Analogskala (VAS) ein.

Der zuständige Arzt führte zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss die Messung der aktiven Beweglichkeit nach der Neutral-Null-Methode durch.

Bei zwanzig Patienten erfolgte die Bestimmung der kardiopulmonalen Belastung während der Krankengymnastik und der MTT unter Verwendung des Spirometriesystems „K4b²“ zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss.

Zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit absolvierten diese 20 Patienten jeweils zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss einen Spiroergometrietest auf dem Fahrradergometer. Eine zusammenfassende Übersicht zu den Untersuchungsansätzen, Untersuchungsverfahren und Messparametern ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1 Untersuchungsansätze, -verfahren und zu untersuchende Parameter

Untersuchungsansatz	Untersuchungsverfahren	Untersuchungsparameter
Quantifizierung der postoperativen Entwicklung von Kraft und Arbeit	- Seilzugisokinetik „Moflex [®] “	- Kraft (N) - Arbeit (J)
Erfassung subjektiver Kriterien des Rehabilitationsgeschehens	- Fragebogen „SF 36“ - Fragebogen „DASH“	- Dimensionen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität - Fähigkeit zur Ausführung von Routinetätigkeiten des täglichen Lebens
Tägliche Schmerzquantifizierung	- Frageprotokoll mit visueller Analogskala	- Schmerzstärke nach Constant
Erfassung klinischer Parameter	- Messung nach der Neutral-Null-Methode	- Bewegungsausmaß in Grad
Bestimmung der kardio-pulmonalen Belastung während der Krankengymnastik und der Medizinischen Trainingstherapie	- Spirometriesystem „K4b ² “	- ventilatorische Messgrößen (VO ₂ , VCO ₂ , V _E) - kardiologische Werte (RR, Hf)
Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit	- Spiroergometrie	- Leistung (W) - ventilatorische Messgrößen (VO ₂ , VCO ₂ , V _E) - kardiologische Werte (RR, Hf) - metabolische Größen (Laktat)

Die Untersuchungsverfahren wurden zu definierten Zeitpunkten während der Rehabilitation angewendet. Ein Überblick ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 2 Zeitliche Übersicht zur Anwendung der Untersuchungsverfahren während der Rehabilitation

Untersuchungsverfahren	Reha-Beginn	Reha-Verlauf	Reha-Abschluss
Seilzugisokinetik zur Ermittlung der isokinetische Kraft und Arbeit für die Adduktion, Iro, Aro der gesunden Seite	X		X
Seilzugisokinetik zur Ermittlung der isokinetische Kraft und Arbeit für die Adduktion, Iro, Aro der operierten Seite	X	X	X
Fragebogen „SF 36“	X		X
Fragebogen „DASH“	X		X
Frageprotokoll mit visueller Analogskala zur Beurteilung der Schmerzstärke	X	X	X
Messung der aktiven Beweglichkeit nach der Neutral-Null- Methode	X		X
Messung der kardiopulmonalen Belastung während der Krankengymnastik und der MTT mit dem Spirometriesystem „K4b ² “	X		X
Messung der körperlichen Leistungsfähigkeit mittels Spiroergometrie	X		X

4.2 Untersuchungen der Seilzugisokinetik

Im folgenden Teil werden die Patientendaten und Methoden erläutert, die in die Untersuchung mit dem isokinetischen Seilzugsystem „Moflex[®]“ einbezogen wurden.

4.2.1 Patienten

An insgesamt 90 Patienten wurden die Ergebnisse eines standardisierten Rehabilitationsverfahrens auf die funktionelle Kraftentwicklung bei Schultererkrankungen mit dem Seilzugisokinetikgerät „Moflex[®]“ (Recotec/Bernina, Steckborn/Schweiz) überprüft. Diese Untersuchung integrierte 50 Männer mit einem mittleren Alter von $43,3 \pm 17,9$ (15 – 71) Jahren und 40 Frauen mit einem mittleren Alter von $47,1 \pm 17,3$ (15 – 77) Jahren.

Jeweils 30 Patienten mit vorderer Instabilität, subakromialen Impingementsyndrom und Rotatorenmanschettenruptur waren in die Untersuchung integriert.

Die demographischen Daten der Patienten sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tab. 3 Demographische Daten der Patienten. Standardabweichung in Klammern

	Instabilität		Impingement-Syndrom		Rotatorenmanschettenruptur	
	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
Anzahl (n)	20	10	15	15	15	15
Alter (Jahre)	25 ($\pm 9,6$)	27 ($\pm 13,0$)	52 ($\pm 9,6$)	46 ($\pm 9,2$)	59 ($\pm 8,5$)	62 ($\pm 10,7$)
Bereich (Jahre)	15 – 49	15 – 51	33 – 66	32 – 65	45 – 71	34 – 77
betroffene Schulter: rechts/ links	9 / 11	6 / 4	6 / 9	9 / 6	10 / 5	11 / 4
dominant	12	5	8	9	11	11
Postoperativer Reha-Beginn (Tage)	39 ($\pm 9,0$)	51 ($\pm 13,0$)	20 ($\pm 8,5$)	18 ($\pm 7,3$)	42 ($\pm 8,1$)	40 ($\pm 5,4$)
Reha-Dauer (Tage)	32 ($\pm 14,0$)	37 ($\pm 21,0$)	33 ($\pm 17,7$)	29 ($\pm 10,1$)	37 ($\pm 9,8$)	38 ($\pm 16,6$)

Bei allen Patienten erfolgte ein operativer Eingriff in Form einer Arthroskopie des Schultergelenkes. Patienten mit Impingement-Syndrom erhielten ausschließlich eine Arthroskopie, wobei alle relevanten therapeutischen Maßnahmen arthroskopisch durchgeführt wurden. Dazu zählen die Acromioplastik, die Durchtrennung des Ligamentums coracoacromiale und die Entfernung der entzündeten und verdickten Bursa subacromialis. Nähere Einzelheiten dazu sind im Kapitel 2 unter Punkt 2.3.2 (S. 26) zu finden.

Hingegen erfolgte bei den Patienten mit Rotatorenmanschettenruptur und vorderer Instabilität die Arthroskopie initial zur weiterführenden Diagnostik, bevor der operative Eingriff meist offen fortgesetzt wurde. In Abhängigkeit von der Diagnose und vom arthroskopischen Befund fanden verschiedene Rekonstruktionsverfahren Anwendung. Innerhalb der Gruppe der Rotatorenmanschettenruptur wurde die abgerissene Sehne transossär refixiert und die Acromioplastik zur Erweiterung des Gleitraumes für die Sehnen durchgeführt. Weiterreichende Erläuterungen zur Sehnenrekonstruktion sind im Kapitel 2 unter Punkt 2.3.3 (S. 26) beschrieben.

Die Operation bei den Instabilitäten beinhaltete die Refixation des abgerissenen Labrum-Kapsel-Komplexes am vorderen Pfannenrand und die Reduzierung des Kapselvolumens mittels Kapsel-Shift. Beschreibungen der operativen Maßnahmen bei vorderer Instabilität sind im Kapitel 2 unter Punkt 2.3.1 (S. 24) nachzulesen.

Alle anamnestisch erfassten Daten und die intraoperativen Befunde der Patienten mit Rotatorenmanschettenruptur und vorderer Instabilität sind unterteilt nach Männern und Frauen in den Tabellen 4 und 5 dargestellt.

Aufgrund der Tatsache, dass sich hinter der Diagnose „Rotatorenmanschettenruptur“ intraoperativ mehr als ein Sehnenriss verbirgt, wurden die Befunde und wichtige Aspekte des operativen Vorgehens beziehungsweise der Nachsorge in Tabelle 4 differenziert dargestellt. Dabei galt es neben dem Hauptparameter, welche Sehne betroffenen ist, weiterhin Angaben über die Größe, Zone und Form des Defektes sowie Aussagen zur Refixationstechnik und postoperativen Ruhigstellung zu erfassen. Diese Angaben wurden aus den Operationsberichten ausgelesen.

Zusammengefasst spiegelten die Patienten mit Rotatorenmanschettenruptur folgendes Bild wider. Alle Patienten wiesen einen kompletten Riss der Supraspinatussehne ohne Beteiligung anderer Sehnen auf. Bei den meisten Patienten war die lange Bizepssehne intakt, die Rupturgröße mittel, die Rupturform dreieckig, die Rupturzone B und der Retraktionsgrad gering. Außerdem erhielt ein Großteil der Patienten eine transossäre Refixation und eine postoperative Ruhigstellung mittels Orthese. In der Tabelle 4 sind die relevanten Parameter

der Rupturen nach verschiedenen Aspekten aufgeschlüsselt. Da nicht von jedem Patienten der zugrunde liegende Parameter erfasst wurde, steht bei eventuellen Abweichungen von der tatsächlichen Patientenzahl die Anzahl der erfassten Patienten in Klammern unter dem jeweiligen Parameter.

Tab. 4 Defektklassifikation der Rotatorenmanschettenläsionen

Parameter	Unterteilung	Anzahl Männer	Anzahl Frauen
Betroffene Sehnen	komplett Supraspinatussehne ohne Läsionen anderer Sehnen	15	15
Lange Bizepssehne	intakt	10	7
	verbreitert	3	3
	synovitisch	1	2
	rupturiert	1	3
Defektgröße	1 cm	0	3
	2 cm	3	6
	3 cm	6	4
	4 cm	4	2
	5 cm	2	0
Zonen	B	12	15
	A+B	3	0
Rupturgröße nach Bateman	klein	0	4
	mittel	12	9
	groß	3	2
Rupturform (Typ) (Männer: 14)	Typ I (Längsruptur)	0	0
	Typ II (Querruptur)	5	5
	Typ III (dreieckige Ruptur)	9	9
	Typ IV (Massenruptur)	0	1
Retraktionsgrad nach Patte (Frauen: 13)	Grad I	8	9
	Grad II	4	3
	Grad III	3	1
Defektverschluss (Männer: 11; Frauen: 11)	vollständig	11	11
	unvollständig	0	0
Refixation	transossäre Naht	12	10
	Cork Screw Fadenanker	2	5
	trans. Naht + Cork Screw Fadenanker	1	0
Postoperative Ruhigstellung	Orthese	15	13
	Ultra-Sling-Bandage	0	2

Analog der Patienten mit Rotatorenmanschettenrupturen verhält es sich bei den Patienten mit vorderer Instabilität. Von besonderer Wichtigkeit für das weitere therapeutische Vorgehen sind, die Form der Instabilität, die intraoperativ vorgefundenen Defekte an den Strukturen und das Verfahren der operativen Stabilisierung. In Tabelle 5 sind alle grundlegenden zu differenzierenden Aspekte der Instabilitäten aufgeführt. Ebenfalls erfolgt die Angabe der bei diesem Parameter erfassten Patientenzahl in Klammern, falls eine Abweichung von der tatsächlichen Patientenzahl vorliegt.

Tab. 5 Klassifikation der Instabilitäten

Parameter	Unterteilung	Anzahl Männer	Anzahl Frauen
Erstluxation (Männer: 14; Frauen: 7)	traumatisch	11	4
	atraumatisch	3	3
Reposition (Männer: 13; Frauen: 9)	unter Narkose	3	2
	mit Arzt ohne Narkose	3	2
	selbst	7	5
Anzahl Rezidive (Männer: 11; Frauen: 6)	Mittelwert (min. 1/ max. 50)	10	3
Letzte Luxation (Männer: 8; Frauen: 6)	traumatisch	1	1
	atraumatisch	7	5
Läsionen des Kapsel-Labrum-Komplexes (Männer: 17; Frauen: 7)	Bankart-Läsion	9	1
	Perthes-Läsion	5	1
	ALPSA-Läsion	3	3
	Quattro-Läsion	0	1
	knöcherne Bankart-Läsion	0	1
Defekt am Humeruskopf	Hill-Sachs-Läsion	20	8
Grad des Knorpelschadens an der Pfanne nach Outerbridge (Männer: 19; Frauen: 9)	kein	0	2
	Grad 1	0	0
	Grad 2	17	7
	Grad 3	2	0
	Grad 4	0	0
OP-Verfahren	offen	20	9
	arthroskopisch	0	1
Stabilisierungsverfahren: Anzahl der Fadenanker, Kapselplastik (Männer: 18; Frauen: 9)	1 Fadenanker ohne Kapselplastik	0	0
	2 Fadenanker ohne Kapselplastik	0	1
	3 Fadenanker ohne Kapselplastik	0	1
	1 Fadenanker und Kapselplastik	1	1
	2 Fadenanker und Kapselplastik	6	3
	3 Fadenanker und Kapselplastik	11	2
	alleinig Kapselplastik	0	1

4.2.2 Postoperatives Behandlungskonzept

Die Patienten mit subakromialen Impingement-Syndrom erhielten eine arthroskopische subakromiale Dekompression. Dieser Eingriff erforderte postoperativ keine längere Ruhigstellungsphase, so dass nach kurzer Zeit mit den verschiedenen Verfahren der Physiotherapie und der Medizinischen Trainingstherapie begonnen werden konnte. Die männlichen Patienten begannen im Mittel nach 20 ($\pm 8,5$) Tagen und die weiblichen Patienten im Mittel nach 18 ($\pm 7,3$) Tagen mit der MTT. Im Gegensatz dazu erfolgte bei den Patienten mit Rotatorenmanschettenruptur ein offenes Rekonstruktionsverfahren. Daraufhin wurde die Schulter postoperativ für 4 Wochen Tag und Nacht entweder in abduzierter Position von 30 bis 45 Grad mit Hilfe einer Orthese oder mit einer Ultra-Sling-Bandage ruhiggestellt. In dieser Zeit konnten ausschließlich das Handgelenk und das Ellenbogengelenk physiotherapeutisch beübt werden. Nach dieser Zeitspanne wurde die Orthese entfernt und

vorsichtig mit der Physiotherapie für die Schulter begonnen. Zunächst waren ausschließlich passive Bewegungen durch die Physiotherapeuten oder mit Hilfe einer CPM-Schiene erlaubt. Diese fanden später Fortsetzung in aktiv-assistiven Übungen bis zur vollständigen Mobilisation ab der achten postoperativen Woche. Aufgrund der vorgeschriebenen postoperativen Immobilisationsphase begannen die männlichen Patienten nach im Mittel 42 ($\pm 8,1$) Tagen und die weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion nach im Mittel 40 ($\pm 5,4$) Tagen mit der MTT. Für die Patienten mit ventraler Stabilisierung wurde der postoperative Beginn mit der MTT ebenfalls zu einem späteren Zeitpunkt festgelegt. Nach ventraler Stabilisierung erfolgte für das Schultergelenk zunächst für 4 Wochen Tag und Nacht mittels eines Gilchrist-Verbandes eine Ruhigstellung. Somit begannen die männlichen Patienten nach im Mittel 39 ($\pm 9,0$) und die weiblichen Patienten nach im Mittel 51 ($\pm 13,0$) Tagen mit der Rehabilitation in der MTT.

4.2.3 Medizinische Trainingstherapie

Alle operierten Schulterpatienten wurden nach einem standardisierten Programm behandelt. Dieses beinhaltete grundsätzlich: eine Erwärmung, das Training der operierten Seite unter Verwendung der Seilzugisokinetik (Moflex[®]), die Beübung der gesunden Seite am Einzelseilzug und das beidarmige Training am Doppelseilzug und am Ruderergometer. In Abhängigkeit von Diagnose, intraoperativem Befund, Schmerzsituation und Bewegungsfähigkeit wurden die Inhalte mit den entsprechenden Übungsanforderungen in das Trainingsprogramm integriert.

Zu Beginn des Therapietrainings, mit dem Ausschluss starker Schmerzen und einer vorliegenden determinierenden Bewegungseinschränkung, führten die Patienten eine Erwärmung und Mobilisation des gesamten Schultergürtels am Handkurbelergometer durch. Für Patienten mit einer Bewegungseinschränkung, für die Anteversion von $< 80^\circ$, war die Erwärmung auf dem Fahrradergometer obligater Bestandteil der Therapie. Am Handkurbelergometer wurde kein zu überwindender Widerstand (Leistung = 0 Watt) eingestellt und die Zeitdauer auf vorerst 5 bis 10 Minuten begrenzt. Therapieangepasst erfolgte zunächst die Steigerung der Zeitdauer am Handkurbelergometer auf 15 bis 20 Minuten. In Abhängigkeit vom Patientenstatus (Alter, Diagnose, Allgemeinbefinden, Schmerz) resultierte zu einem späteren Zeitpunkt der Therapie die Erhöhung des Widerstandes (Leistung = 20 bis 60 Watt).

Das therapeutische Training der Patienten mit der operierten Seite erfolgte mit den Bewegungsformen Außenrotation, Innenrotation und Adduktion mit dem isokinetischen Seilzuggerät „Moflex®“. Darauf wird im Punkt 4.2.3.2 (S. 50) dieses Kapitels näher eingegangen. Mit der gesunden Seite trainierten die Patienten analog die Übungen der operierten Seite am Einzelseilzug. Am Doppelseilzug übten die Patienten aus der Position der Anteversion von 90° oder weniger den beidarmigen Zug bis zur Nullstellung in der Sagittalebene. Mit dem Ziel, die Kraftausdauerfähigkeit der beanspruchten Muskulatur zu verbessern, wurde auf Grundlage der Trainingswissenschaft die Belastungsintensität bestimmt. Für die Serien- und Wiederholungszahl ergab sich ein Belastungsumfang von je 3 Serien a 20 Wiederholungen an den Seilzuggeräten. Die Belastungsintensität für das Training der gesunden Seite am Einzelseilzug richtete sich nach dem Alter und dem funktionellen Zustand der gesunden Schulter hinsichtlich Schmerz, Bewegungsfähigkeit und Kraftpotential. Als Maßgabe zur Bestimmung der Belastungsintensität für die Zugübung am Doppelseilzug galt der Funktionszustand der operierten Seite. Mit der Zielsetzung der strukturellen Anpassung, durch eine Erhöhung der gesetzten Belastungsreize, fand eine regelmäßige Steigerung der Belastung bei den genannten Übungen statt. Trainingsmethodisch wurden aufeinander folgend zunächst der Umfang und anschließend die Intensität der Belastung erhöht.

Der Einsatz des Ruderergometers diente der Erhaltung und Verbesserung der Kraftausdauerfähigkeit der Arm-, Schulter- und Rumpfmuskulatur. Am Anfang der Therapie trainierten die Patienten am Ruderergometer 5 bis 10 Minuten bei einer Intensität von 20 bis 40 Watt. Entsprechend des Therapiestandes wurden Umfang und Intensität erhöht. Die Trainingszeit steigerte sich für die Patienten auf bis zu 20 Minuten und durchschnittlich auf 80 bis 100 Watt.

Prinzipiell wurde ab dem 1. Rehabilitationstag das isokinetische Training am „Moflex®“ in der MTT durchgeführt. Aufgrund der speziellen Arbeitsweise des Seilzugisokinetikgerätes und eines Monitorfeedbacks konnte eine optimale Trainingssteuerung vorgenommen und gewährleistet werden. Damit war ein für die Strukturen gefahrloser, frühzeitig postoperativer Therapiebeginn möglich. Am ersten und am letzten Tag der Rehabilitation erfolgte ebenfalls die Erfassung der Kraftfähigkeit der genannten Bewegungsformen für die gesunde Seite am Seilzugisokinetikgerät. Ab dem zweiten Therapietag trainierten alle Patienten die Übungen mit der gesunden Seite entsprechend der Anleitung am Einzelseilzug.

Die Ergänzung des Trainingsprogramms durch Integration der anderen Übungen richtete sich nach den Vorgaben des Operators und dem Therapiegeschehen. Folglich führten nicht alle Patienten ab dem ersten Rehabilitationstag die Zugübung am Doppelseilzug und das Ruderergometer aus. Im Mittel wurde die Übung am Doppelseilzug nach ca. 4 bis 6 Wochen und das Ruderergometer erst nach ca. 8 Wochen postoperativ in den Trainingsablauf integriert.

Entsprechend des Therapieverlaufes bezüglich Schmerz, Beweglichkeit und Kraft resultierte eine kontinuierliche Anpassung der Trainingsbelastung in Form einer Steigerung von Umfang, Intensität und Distanzen an den entsprechenden Geräten.

Um individuell auf das Schmerzverhalten des Patienten einzugehen und eine Schmerzverstärkung grundsätzlich zu vermeiden, wurde vor jedem Training eine Schmerzanamnese unter Verwendung einer visuellen Analogskala (VAS) vorgenommen und die Schmerzstärke in einem Trainingsprotokoll (siehe Anhang) erfasst.

4.2.3.1 Seilzugisokinetik mit dem Seilzugsystem „Moflex®“

Bei der Seilzugisokinetik, dem „Moflex®“, handelt es sich um ein linear arbeitendes isokinetisches Gerät (Abb. 1). Das „Moflex®“ wird über einen Computer bedient und durch eine Software unterstützt, welche eine individuelle Einstellung eines Trainingsprogramms mit Übungsbezeichnung, Serien- und Wiederholungszahl, Pausen, Distanz der Bewegung und Geschwindigkeit für jeden Patienten ermöglicht. Alle anfallenden Daten des Trainings wie Arbeits-, Kraft- und Leistungswerte der Patienten werden berechnet und gespeichert.



Abb. 1 Seilzugisokinetik „Moflex®“

4.2.3.2 Training mit dem isokinetischen Seilzugsystem „Moflex®“

Aufgrund der speziellen Eigenschaften der Seilzugisokinetik stand das Training der operierten Seite am „Moflex®“ für die Patienten im Vordergrund.

Es wurden die Bewegungsformen Außenrotation, Innenrotation und Adduktion (Abb. 2-4) mit jeweils 3 Serien und 20 Wiederholungen und einer Pause von ca. 20 bis 30 Sekunden zwischen den Serien durchgeführt. Die Übungsabfolge, beginnend mit der Außenrotation, anschließend der Innenrotation und der Adduktion, änderte sich über den gesamten Rehabilitationszeitraum nicht. Therapeutisch kam eine Geschwindigkeit von 0,3 m/s zur Anwendung. Entsprechend des schmerzfrei möglichen Bewegungsausmaßes und der Vorgaben des Operators wurden die Distanzen individuell für jede Übung ausgemessen und im Verlauf der Rehabilitation angepasst.

Der Therapeut gab über einen Monitor für jede Bewegungsübung die täglich aktualisierte Belastungsintensität vor. Dabei wurde permanent darauf geachtet, dass aufgrund der Kraftvorgabe bei der Bewegungsausführung kein zunehmender Schmerz resultierte. Die übungsbezogene tägliche Belastungsintensität und deren Steigerung gemäß der Therapie richtete sich nicht nach einem vorausgegangenem isokinetischen Maximalkrafttest, sondern stets nach den Vorgaben des Operators, der passiv freien Gelenkbeweglichkeit, der Schmerzsituation und der allgemeinen Reaktionslage des Patienten. Zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss erfolgte an der Seilzugisokinetik, dem „Moflex®“, die Erfassung der isokinetischen Kraft- und Arbeitswerte der gesunden Seite analog zur operierten Seite.

Folgende Übungen wurden am „Moflex®“ durchgeführt:

Adduktion: In sitzender Ausgangsposition war die übende Körperseite dem Seilzuggerät zugewandt. Der gestreckte Arm wurde aus einer 45° Abduktionsstellung bis zur Neutralstellung adduziert. Die Übung wurde dabei in der Skapulaebene durchgeführt.



Abb. 2a Übung Adduktion – Ausgangsposition



Abb. 2b Übung Adduktion – Endposition

Innenrotation: In sitzender Ausgangsposition war die übende Körperseite dem Seilzuggerät zugewandt. Bei 90° Beugung im Ellenbogengelenk wurde eine Innenrotationsbewegung, beginnend in der Neutralstellung bzw. leichter Außenrotation, bis zur Bauchwand ausgeführt.



Abb. 3a Übung Innenrotation – Ausgangsposition



Abb. 3b Übung Innenrotation – Endposition

Außenrotation: In sitzender Ausgangsposition war die übende Körperseite dem Seilzuggerät abgewandt. Bei 90° Beugung im Ellenbogengelenk wurde ausgehend von der Bauchwand eine Außenrotationsbewegung bis zur vorgegebenen Bewegungsgrenze ausgeführt. Nach ventraler Schulterstabilisierung erfolgte die Außenrotationsbewegung lediglich bis zur Neutralstellung.



Abb. 4a Übung Außenrotation – Ausgangsposition



Abb. 4b Übung Außenrotation – Endposition

4.2.3.3 Trainingssteuerung am „Moflex®“ über das Monitorfeedback

Zur Gewährleistung eines schmerzfreien bzw. schmerzarmen Therapietrainings während des gesamten Therapieverlaufs wurde die Belastungssteuerung für die Patienten unter Verwendung eines Monitors vorgenommen. Über den Monitor erhielten die Patienten

täglich in Abhängigkeit der Bewegungsform exakte Belastungsvorgaben, die es einzuhalten galt. Die Patienten wurden genau instruiert, wie sie isokinetisch trainieren sollten und erhielten simultan ein Feedback darüber, wie sie das Training bewältigten.

Am ersten Tag der Rehabilitation und den darauf folgenden zwei, drei Therapietagen wurden die Patienten aufgefordert, den Griff der Seilzugisokinetik ausnahmslos mit einem Finger zu halten. Die sogenannte „Einfingermethode“ zu Beginn der Therapie erwies sich als notwendig, da die Patienten frühzeitig postoperativ ausschließlich aktiv-assistiv trainieren sollten. Eine durch Übereifer verkrampfte Ausführung der zu bewältigenden Bewegung war innerhalb der Rehabilitation generell unerwünscht. In der frühen postoperativen Phase der Rehabilitation sollten Belastungsformen lediglich einer Reizsetzung an den operierten und umgebenden Strukturen dienen. Deshalb wurde in den ersten Tagen stets auf die Einhaltung der „Einfingermethode“ geachtet und somit zunächst Wert auf die koordinative Schulung der Bewegungsformen am „Moflex®“ gelegt.

Die Schwierigkeit für die Patienten im Umgang mit der Seilzugisokinetik lag darin, dass sowohl konzentrisch (beschleunigende Komponente), als auch exzentrisch (bremsende Komponente) gearbeitet werden musste.

Auf dem Monitor waren die graphische Darstellung der Kraft-Weg-Kurve, die konzentrischen und die exzentrischen Arbeitswerte und deren Grenzeinstellung für die Belastungsintensität zu sehen. Zusätzlich resultierte die Wiedergabe der berechneten Werte der Arbeit und Leistung.

Die Einstellung der Grenzen für die isokinetischen Kraftwerte und deren Darstellung über den Monitor zeigte sich von enormer Wichtigkeit, da bei eventueller Überschreitung dieser, ein sofortiger und für den Patienten sichtbarer Trainingsabbruch als Folge eintrat.

Nach 2 bis 4 Tagen des koordinativen Übens im Rahmen der „Einfingermethode“ erfolgte über den Monitor die Vorgabe der isokinetischen Kraftvorgaben für jede Bewegungsform für den Patienten, welche schmerzfrei bzw. ohne Schmerzzunahme zu bewältigen waren. Dabei durften die Patienten keinesfalls maximal arbeiten, sondern es handelte sich um die funktionelle Kraft pro Trainingszyklus. Also jene Kraft, welcher der Patient entsprechend seiner Diagnose, intraoperativem Befund, Schmerzsituation, passiver Gelenkbeweglichkeit, allgemeiner Reaktionslage und unter Beachtung des Nachbelastungsschmerzes des vorangegangenen Trainings problemlos erbringen konnte. Täglich erfolgte die Anpassung des Kraft- und Arbeitsniveaus und der daraus folgenden Grenzeinstellung und deren Vor- und Wiedergabe über den Monitor für eine optimale Trainingssteuerung des Patienten.

4.2.4 Patientenbefragung

Als Grundvoraussetzung für die täglich angepasste optimale Trainingssteuerung galt die Erfassung relevanter, das Training in höchstem Maße, beeinflussender Faktoren. Bedeutsam für die „frisch operierten“ Patienten war die Registrierung der aktuellen Schmerzlage des zu therapierenden Gelenkes. Um diese jeden Tag analysieren zu können, füllten die Patienten ein „tägliches Trainingsprotokoll“ aus.

Die soziale und berufliche Wiedereingliederung und die Wiederausübung der Sportart stellt für die Patienten nach dem operativen Eingriff und sich anschließender Rehabilitation ein Grundbedürfnis dar. Folglich war die Befragung zur Selbsteinschätzung des Patienten bezüglich seiner Leistungsfähigkeit im Rehabilitationsprozess bedeutungsvoll, da der Patient selbst am besten beurteilen kann, ob er den gestellten Leistungsanforderungen im Alltag, Beruf und Sport wieder gerecht wird. Zur Erfassung dieses selbst eingeschätzten Gesundheitszustandes und der Lebensqualität wurden self-report Fragebögen angewendet, welche unabhängig von objektiv messbaren Parametern, das subjektive Empfinden über den gegenwärtigen Funktionszustand des Patienten widerspiegeln.

In dieser Untersuchung erfolgte bei allen Patienten eine Operation an der Schulter. Die damit verbundenen Einschränkungen bei der Ausübung verschiedener Alltags-, Berufs- und Sportaktivitäten wurden mit dem DASH-Fragebogen erfasst. Für die Selbsteinschätzung des Patienten zu seinem Gesundheitszustand fand der Fragebogen SF-36 Verwendung.

In den nächsten Abschnitten wird das tägliche Trainingsprotokoll, die Fragebögen DASH und SF-36 näher erläutert (siehe Anhang).

4.2.4.1 Tägliche Trainingsprotokolle

Um für jeden Trainingstag eine optimale Belastungsintensität für die Patienten zu bestimmen war es notwendig, eine aktuelle Schmerzanamnese vorzunehmen und eventuell aufgetretene Nachbelastungsschmerzen von der letzten Therapieeinheit zu erfassen. Zur Sicherstellung der Angaben füllten die Patienten vor jeder Trainingseinheit selbstständig ein Protokoll aus. Inhaltlich mussten die Patienten unter anderem die subjektive Schmerzstärke anhand einer visuellen Analogskala (VAS) einschätzen. In Anlehnung des Constant-Scores erfolgte die Bewertung mit 15 Punkten für keinen Schmerz und mit 0 Punkten für

maximalen Schmerz. Des Weiteren wurde in dem Protokoll nach dem Nachbelastungsschmerz vom letzten Training und einer medikamentösen Veränderung gefragt. Nach Absolvierung des Trainings beurteilten die Patienten die subjektiv empfundene Belastung und ihren allgemeinen Gesundheitszustand. Alle Angaben fanden für den aktuellen Trainingstag und für das folgende Therapieschehen besondere Berücksichtigung.

4.2.4.2 Fragebogen DASH

Der DASH-Score wurde von der „American Academy of Orthopaedic Surgeons“, dem Council der „Musculoskeletal Specialty Societies (MODEMS)“ und dem „Institute for Work and Health“ entwickelt (Hudak et al. 1996). Die Übersetzung erfolgte durch German et. al (2003). Der Fragebogen stellt ein Instrument zur Erfassung der Globalfunktion der oberen Extremität dar. Es ist ein self-report-Fragebogen, in dem inhaltlich nach der Fähigkeit und dem Schwierigkeitsgrad in der Ausübung bestimmter Alltagstätigkeiten und individueller Musik- und Sportaktivitäten gefragt wird. Dabei erfolgt die Bewertung so, dass keine Funktionsminderung einen Punkt und die schlechteste Funktion fünf Punkte erhält. Zur Berechnung des DASH-Punktwertes wird von der Gesamtpunktzahl der mögliche Minimalpunktwert subtrahiert und durch den Score-Range (1,2) dividiert. Somit entspricht ein Ergebnis von 0 Punkten einer optimalen Funktion, hingegen ein Punktwert von 100 Punkten einer maximalen Beeinträchtigung der oberen Extremität.

Zur subjektiven Einschätzung der Arm- und Schulterfunktion postoperativ und nach durchgeführter Rehabilitation wurden alle Patienten zu Beginn und am Abschluss mit dem DASH-Fragebogen befragt.

4.2.4.3 Fragebogen SF-36-Health-Survey

Der Short Form (SF)-36-Health-Survey gilt mittlerweile als Standardfragebogen zur Erfassung der subjektiven Gesundheit. Er wurde in Amerika im Rahmen der Medical Outcome Study zur Überprüfung von Versicherungssystemen entwickelt und auf die heutige Version reduziert und gekürzt. Die deutsche Fassung des SF-36 entstand durch die Arbeitsgruppe um Frau Prof. Dr. Monika Bullinger (Bullinger 1996). In zahlreichen Studien kam er bisher zum Einsatz und ist somit validiert. Der Fragebogen erfasst 8

Dimensionen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität anhand von 36 Items mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten. Die Subskalen umfassen die körperliche Funktionsfähigkeit, die körperliche Rollenfunktion, die körperlichen Schmerzen, die allgemeine Gesundheitswahrnehmung, die Vitalität, die soziale Funktionsfähigkeit, die emotionale Rollenfunktion, das psychische Wohlbefinden und das Einzelitem: Veränderung der Gesundheit. Diese lassen sich den zwei Kategorien „körperliche Gesundheit“ und „psychische Gesundheit“ zuordnen.

Im Rahmen des Rehabilitationsprogramms erfolgte die Befragung aller Patienten zu ihrer selbst eingeschätzten Gesundheit mit dem SF-36 zu Beginn und zum Abschluss des Rehabilitationsprogramms.

4.2.5 Datenauswertung

Der folgende Abschnitt befasst sich mit der Erfassung und Weiterverarbeitung der Daten, welche für die Auswertung der einzelnen Parameter zugrunde lagen.

Alle Daten wurden indikations- und geschlechtsspezifisch getrennt ausgewertet, verarbeitet und dargestellt. Auf eine zusammenfassende Datenauswertung und -darstellung von Männern und Frauen derselben Indikation wurde aufgrund der mitunter geschlechtsspezifischen Unterschiede bei den überprüften Parametern zumeist verzichtet.

4.2.5.1 Klinische Untersuchungsdaten

Alle präoperativen anamnestischen Angaben und die Operationsberichte der Patienten stellte der zuständige Arzt der orthopädischen Universitätsklinik Leipzig zur weiteren Aufbereitung zur Verfügung.

Die klinische Befunderhebung führte der Arzt im Rehabilitationszentrum zu Beginn und zum Abschluss der Rehabilitation durch. Es erfolgte die Bestimmung der aktiven Beweglichkeit beider Schultergelenke nach der Neutral-Null-Methode für die Ante- und Retroversion, für die Abduktion und Adduktion und für die Außen- und Innenrotation in 0° Abduktion. Daraus wurden die Mittelwerte einer jeden Bewegung für alle Patienten zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss berechnet.

4.2.5.2 Daten der Seilzugisokinetik

Die von jedem Therapietag gewonnenen Daten der graphischen und numerischen Darstellungen mit den Kraft-, Arbeits-, und Leistungswerten eines jeden Patienten am isokinetischen Seilzugsystem wurden per Computer erfasst, gespeichert und als Ausdruck archiviert. Zur weiteren Verarbeitung der Daten erfolgte die Eingabe der Werte in entsprechende Excel-Tabellen. In der weiteren Analyse wurde die Berechnung des mittleren Arbeitswertes pro Trainingszyklus aus den Arbeitswerten total, die den Gesamtarbeitswert über 20 Wiederholungen darstellen, vorgenommen. Daraus ergab sich die Berechnung der mittleren Kraft eines jeden Trainingszyklus aus dem Quotienten des mittleren Arbeitswertes und des absolvierten Weges einer jeden Bewegungsübung.

Aufgrund der Tatsache, dass die Patienten mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette und mit ventraler Stabilisierung die Übung Außenrotation durch die Vorgaben des Operateurs erst ab der achten postoperativen Woche durchführten, wurden keine Werte für diese Übung zu Reha-Beginn erhoben. Dadurch entfielen Vergleiche der Arbeits- und Kraftwerte zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss und die Bestimmung des Signifikanzniveaus der Kraftwerte über 20 Therapietage erfolgte zwischen 10. und 15. sowie zwischen 15. und 20. Tag.

4.2.5.3 Erstellung der Regressionsgraphiken und Regressionsgleichungen

Aus den erhobenen Kraftwerten von 20 Therapietagen wurden für die einzelnen Bewegungsformen mit Hilfe der Regressionsanalyse Regressionsgraphiken erstellt und Regressionsgleichungen ermittelt. Die Funktionsgleichungen und Graphiken ergaben sich aus den Mittelwerten der konzentrischen und exzentrischen Kraftwerte. Zusätzlich erfolgte für jede Bewegungsübung die Darstellung der einfachen Standardabweichung (+1S/-1S) als gestrichelte Linie ober- und unterhalb der Regressionslinie. Eine veränderte Vorgehensweise galt für die Erstellung der Regressionsgraphiken und Regressionsgleichungen der Übung Außenrotation von den Patienten mit ventraler Stabilisierung und Rotatorenmanschettenrekonstruktion. Für die Bewegungsübung lagen keine Daten von den ersten Therapietagen vor.

4.2.5.4 Berechnungen der Ausgangslängen für verschiedene Therapiebandstärken und Erstellung von Isokrafttabellen

Auf der Basis der ermittelten isokinetischen Referenzwerte wurden für die Adduktion, Innenrotation und Außenrotation und der zugrunde liegenden Bewegungsausmaße die Ausgangslängen für die verschiedenen Therapiebandstärken (Farben) für gleiche Kräfte berechnet. Es wurden Isokrafttabellen für die in der Schulterrehabilitation relevanten Bewegungsdistanzen in Abhängigkeit einer praxisgerechten Ausgangslänge und der gewählten Bandfarbe erstellt. Hierfür fanden die linearen Gleichungen der Untersuchung zur Quantifizierung von Therapiebandbelastungen von Thomas et. al (2005) Verwendung. Für die Bandfarben gelb, rot, grün, blau, schwarz und silbern und für die Bewegungsausmaße von 20 – 50 cm Übungsweg erfolgte die Berechnung der erforderlichen Ausgangslängen der Therapiebänder für die Kraftvorgaben von 10 – 65 N und die übersichtliche Zusammenfassung in Tabellen.

Dabei ergaben sich für bestimmte Bandfarben negative bzw. ungeeignete Ausgangslängen für die jeweilige Kraftvorgabe. Für die praktische Anwendung des Therapiebandes galten hierbei alle errechneten Werte für Ausgangslängen von kleiner als 25 cm und größer als 100 cm als für die Praxis „ungeeignet“. Diese ermittelten Werte wurden nicht in die Tabellen integriert.

Die nachstehenden Gleichungen wurden für die Berechnung der Ausgangslängen verwendet (Thomas et al. 2005). In den Gleichungen steht das A für die Ausgangslänge, das D für die Dehnlänge, das N für Newton.

Gelbes Therapieband:	$A = (D - (1,233 * N - 3,990)) / (0,0575 * N - 0,146)$
Rotes Therapieband:	$A = (D - (1,150 * N - 8,677)) / (0,0460 * N - 0,177)$
Grünes Therapieband:	$A = (D - (0,795 * N - 2,402)) / (0,0411 * N - 0,224)$
Blaues Therapieband:	$A = (D - (0,650 * N - 3,134)) / (0,0348 * N - 0,191)$
Schwarzes Therapieband:	$A = (D - (0,526 * N - 3,698)) / (0,0240 * N - 0,148)$
Silbernes Therapieband:	$A = (D - (0,318 * N - 4,607)) / (0,0152 * N - 0,233)$

4.2.5.5 Daten der Patientenbefragung

Alle täglichen Angaben der Patienten wurden schriftlich in einem Protokoll festgehalten. Jeder Patient beantwortete unter Einsatz von visuellen Analogskalen die gestellten Fragen. Für die Auswertung der Protokolldaten erfolgten die Ausmessung der Skalen und die Eingabe in entsprechende Excel-Tabellen. Analog wurde mit den Informationen aus den Fragebögen der Patienten verfahren.

4.3 Leistungsdiagnostik in der Rehabilitation

Nachfolgend werden die Patienten und Methoden der leistungsdiagnostischen Untersuchungen, die zur Überprüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der kardiopulmonalen Belastung während der Therapien Anwendung fanden, vorgestellt. Von den 20 Patienten waren 8 parallel in die Untersuchung der Seilzugisokinetik integriert.

4.3.1 Patienten

An 20 männlichen Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 44,4 ($\pm 13,0$) Jahren wurde nach operativem Eingriff am Schultergelenk während der sich anschließenden Rehabilitationsmaßnahme die körperliche Leistungsfähigkeit und die kardiopulmonale Belastung zu spezifischen Zeitpunkten der Therapie anhand spiroergometrischer Tests untersucht. Die Patienten wiesen ein Körpergewicht von im Mittel 77,5 ($\pm 10,4$) Kilogramm auf. Als durchschnittliche Körpergröße ergab sich ein Wert von 175,0 ($\pm 8,3$) Zentimetern. Patienten jeden Alters, die sich im Zustand nach operativem Eingriff am Schultergelenk befanden, erfüllten die Kriterien für den Einschluss in die Untersuchung. Zum Ausschluss für diese Untersuchung führte, wenn die Patienten weitere orthopädische Erkrankungen angaben, Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems mit erheblicher Beeinträchtigung des kardiopulmonalen Systems oder Infektionskrankheiten vorwiesen. Bei allen einbezogenen Patienten erfolgte entsprechend der Indikation ein arthroskopisches oder offenes Operationsverfahren am Schultergelenk. In die Untersuchung wurden jeweils 8 Patienten mit Impingement-Syndrom und Rotatorenmanschettenruptur und 4 Patienten mit vorderer Instabilität integriert.

Die Patienten begannen nach der Operation im Mittel nach 37,8 ($\pm 23,3$) Tagen mit der ambulanten Rehabilitationsmaßnahme.

Alle relevanten Daten der 20 männlichen Patienten sind in der Tabelle 6 dargestellt.

Tab. 6 Daten der Patientengruppe für die leistungsdiagnostischen Untersuchungen

Patient (Nr.)	Diagnose	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (Kg)
1	Impingement-Syndrom	33	189	84
2	vordere Instabilität	20	177	67
3	Rotatorenmanschettenruptur	62	170	70
4	vordere Instabilität	19	176	76
5	Impingement-Syndrom	46	170	85
6	Impingement-Syndrom	47	170	80
7	Rotatorenmanschettenruptur	52	178	78
8	Impingement-Syndrom	62	167	65
9	Impingement-Syndrom	47	186	102
10	Rotatorenmanschettenruptur	57	164	69
11	Rotatorenmanschettenruptur	44	176	71
12	Impingement-Syndrom	47	183	90
13	Impingement-Syndrom	34	170	80
14	Rotatorenmanschettenruptur	46	176	75
15	vordere Instabilität	28	192	85
16	Rotatorenmanschettenruptur	47	180	95
17	Rotatorenmanschettenruptur	33	172	68
18	Rotatorenmanschettenruptur	64	176	78
19	vordere Instabilität	49	160	68
20	Impingement-Syndrom	51	167	64

4.3.2 Testdurchführungen und zeitlicher Ablauf

Im Rahmen der Untersuchung absolvierten alle 20 Patienten jeweils zwei Tests zu Beginn und zum Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme. Zum einen umfasste dies einen Spiroergometrietest als Doppelstufentests auf dem Fahrradergometer. Zum anderen wurde ein leistungsdiagnostischer Test unter Einsatz des tragbaren Spirometriesystems „K4b²“ der Firma Cosmed[®] während der Krankengymnastik und der MTT durchgeführt. Die Doppelstufentests auf dem Fahrradergometer fanden in einem speziellen Untersuchungsraum statt. Die Leistungsdiagnostik mit dem tragbaren System „K4b²“ wurde in den Räumen der Sporttherapie und der Physiotherapie durchgeführt.

Die zwei jeweiligen Ausgangstests wurden erst nach einer „Eingewöhnungszeit“ an den Therapieprozess durchgeführt, um eine Überforderung der Patienten in den ersten Rehabilitationstagen auszuschließen. Im Mittel fanden nach 13,3 ($\pm 5,9$) Tagen nach Reha-Beginn die Doppelstufentests und nach durchschnittlich 10,3 ($\pm 4,1$) Tagen die leistungsdiagnostischen Tests mit dem tragbaren System „K4b²“ während der Therapien statt. Zum

Reha-Abschluss wurden die Tests wiederholt. Die Doppelstufentests absolvierten die Patienten nach im Mittel 71,3 ($\pm 25,8$) Tagen und die leistungsdiagnostischen Tests mit dem „K4b²“ nach im Mittel 74,3 ($\pm 27,0$) Tagen. Zwischen den beiden leistungsdiagnostischen Tests lagen im Mittel 64,2 ($\pm 26,7$) Tage und zwischen den beiden Doppelstufentests im Mittel 58,9 ($\pm 27,9$) Tage. Die jeweiligen Tagangaben entsprachen dabei nicht den Therapietagen. In der Tabelle 7 sind die Testzeiträume zur Durchführung der verschiedenen Tests zusammengefasst dargestellt.

Tab. 7 Testzeiträume für die verschiedenen Untersuchungen

	Reha-Beginn		Reha-Abschluss	
	Doppelstufentest	„K4b ² “	Doppelstufentest	„K4b ² “
Testzeitraum nach Reha-Beginn in Tagen (SD)	13,3 ($\pm 5,9$)	10,3 ($\pm 4,1$)	71,3 ($\pm 25,8$)	74,3 ($\pm 27,0$)

4.3.3 Doppelstufentest

Alle Patienten führten einen Doppelstufentest auf einem Fahrradergometer in halbliegenden Position unter gleichzeitiger Bestimmung von VO_2 und VCO_2 mit dem Spirometriemessgerät (Jäger Oxycon Alpha) durch. Die Tests fanden in einem Labor für Leistungsdiagnostik statt. Als Fahrradergometer stand ein drehzahlunabhängiges Ergometer der Firma Ergoline ergometrics 900 zur Verfügung. Die Patienten wurden aufgefordert eine Trittfrequenz von 60 bis 70 U/min einzuhalten.

4.3.3.1 Testablauf und Untersuchungsprogramm

Vor Testbeginn erfolgte die Befragung aller Patienten zu ihrem Gesundheitszustand. Eine Infektfreiheit war Prämisse zur Gewährleistung eines risikofreien Testablaufes. Nach einer Aufklärung über den Testablauf gaben die Patienten eine schriftliche Einverständniserklärung ab. Zunächst bestimmte die anwesende Laborassistentin die Blutzucker- und Cholesterinwerte. Anschließend wurden die Apparaturen (EKG-Elektroden, Blutdruckmanschette, Gesichtsmaske der Spirometrie) zur Erfassung der relevanten Messgrößen am Patienten angelegt und das Fahrradergometer entsprechend der Körperproportionen des Patienten eingestellt. Daraufhin erfolgte die Ermittlung der Werte unter Ruhebedingungen.

Die Patienten oblagen während des gesamten Testzeitraumes einer ärztlichen Überwachung.

Zur Ermittlung der Laktatsenke wurde ein Doppelstufentest, der zwei Phasen der Ausbelastung und einer dazwischen liegenden Pause beinhaltet, angewendet (Abb. 5). Mit einer Leistung von 30 Watt, welche dann jede Minute um jeweils 10 Watt gesteigert wurde, begannen alle Patienten mit der ersten Ausbelastungsphase bis zum Auftreten subjektiver oder objektiver Abbruchkriterien (Tab. 8). Diese konnten interindividuell bereits vor dem Erreichen einer Ausbelastung eintreten. Außer den in der Tabelle genannten Ursachen für einen Abbruch galten ebenso plötzlich auftretende orthopädische Beschwerden als Abbruchgrund. Als subjektives Abbruchkriterium wurde die Angabe der Patienten zur Einschätzung der Belastung herangezogen. Als Grundlage diente eine Skala von 1 bis 10, auf der die Angabe 1 als leichte Belastung bzw. die 10 als völlige Erschöpfung galt. Bei einer Angabe zwischen 8 und 10 auf der Skala wurde die erste Ausbelastungsphase beendet. Im Intervall von 3 Minuten erfolgte die Befragung der Patienten. Die objektiven Kriterien für den Belastungsabbruch richteten sich nach medizinischen Vorgaben nach Löllgen und Winter (1997). Nach Abbruch der ersten Ausbelastungsphase folgte eine Pause über 5 Minuten mit einer Leistung von 25% der vorher erreichten maximalen Leistung. Diese Pausenzeit ging lückenlos in die zweite Belastungsphase über, die wiederum eine Steigerung der Leistung um 10 Watt pro Minute bis zum Abbruch beinhaltete. Im Anschluss daran folgte die 5-minütige zweite Pause mit einer festgelegten Leistung von 25% der Maximalleistung. Alle Messgrößen wurden zu relevanten Zeitpunkten innerhalb der beiden Belastungsphasen und den Pausen ermittelt und protokolliert.

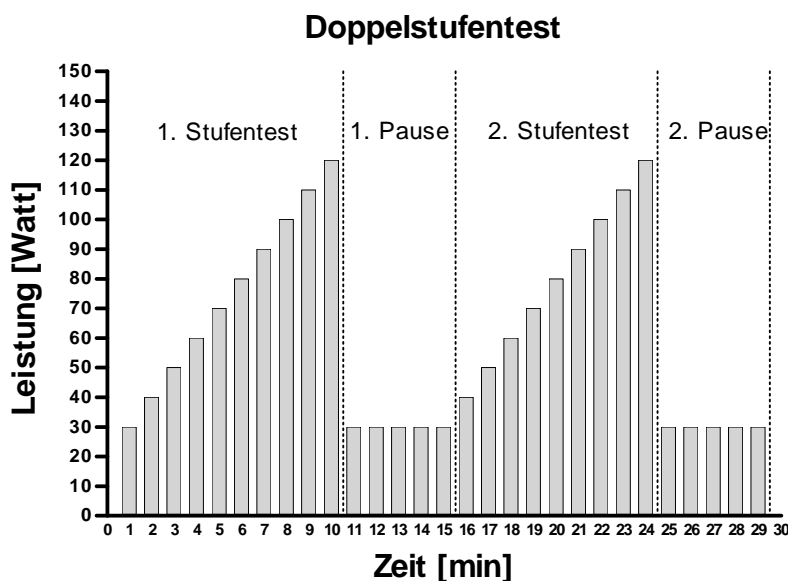


Abb. 5

Untersuchungsprogramm des Doppelstufentests

In nachstehender Tabelle 8 sind die objektiven Abbruchkriterien aufgeführt (Löllgen und Winter 1997).

Tab. 8 Abbruchkriterien nach H. Löllgen, U. J. Winter (1997)

Subjektive Symptome	Schwindel
	Ataxie
	Progrediente Angina pectoris
	Progrediente Dyspnoe
Objektive Befunde	Progrediente Arrhythmien (Couplets, Salven, Kammertachykardien, supraventrikuläre Extrasystolen mit deutlicher Zunahme, Vorhoftachykardien, Vorhofflattern u.a.)
	Progrediente Erregungsleitungsstörungen (zunehmende QRS-Verbreiterung oder Links-schenkelblock)
	Progrediente Erregungsrückbildungsstörungen (ST-Streckensenkung horizontal oder deszendierend über 0,20 mV, ST-Hebung über 0,10 mV)
	Hämodynamik (progredienter Blutdruckabfall, unzureichender Blutdruckanstieg – weniger als 10 mmHg pro Belastungsstufe, übermäßiger Blutdruckanstieg – über 250 mmHg systolisch oder 120 mmHg diastolisch)

4.3.3.2 Messparameter und Datenerfassung

Alle vor dem Test anamnestisch erfassten Angaben des Patienten galt es in einem Testprotokoll festzuhalten. Die gewonnenen Messwerte unter Ruhebedingungen und den Blutzucker- und Cholesterinwert schrieb der Testleiter ebenfalls auf.

Aller drei Minuten während der Belastungsphasen, ungefähr 15 Sekunden vor dem Beenden der Stufe und zum jeweiligen Abbruch und in der 1., 3. und 5. Minute der Pausenzeiten wurden die für die Auswertung relevanten Parameter abgelesen oder gemessen und protokolliert. Dazu zählten die Registrierung des EKG's, die Herzfrequenz, der Blutdruck, der Sauerstoffpuls und die erhaltenen Daten von der Spirometrieaufzeichnung VO_2 und VCO_2 . Zur Laktatbestimmung entnahm die zuständige Laborassistentin im Intervall von 3 Minuten in der ersten Testphase, in der 1., 3. und 5. Pausenminute und jede Minute während der 2. Belastungsphase Blut aus dem Ohrläppchen. Die Befragung des Patienten zu seiner subjektiven Einschätzung der Belastung und seines Empfindens erfolgte ebenfalls im Abstand von drei Minuten und wurde protokollarisch festgehalten.

Zur weiteren Auswertung wurden die Daten der Spirometrieaufzeichnung, der Blutanalyse und des EKG's ausgedruckt und im Konsens der im Protokoll erfassten Parameter in entsprechende Tabellen übertragen.

4.3.4 Belastungsuntersuchung mit dem Spirometriesystem „K4b²“

Für die Analyse der kardiopulmonalen Belastung während eines gewöhnlichen Therapie-tages wurden die Schulterpatienten mit dem tragbaren Spirometriesystems „K4b²“ der Firma Cosmed® an zwei repräsentativen Therapietagen ausgestattet.

Zu Beginn und zum Abschluss der Rehabilitation wurden die Tests mit dem „K4b²“ in den Räumen der Physiotherapie und der MTT durchgeführt.

4.3.4.1 Testdurchführung während des Rehabilitationsprogramms

Während der Krankengymnastik und der MTT wurden die spirometrischen Messgrößen, die Sauerstoffaufnahme und die Kohlendioxidabgabe, als auch die kardialen Parameter, die Herzfrequenz und der Blutdruck aufgezeichnet bzw. gemessen (Abb. 6).

Zur Gewährleistung einer reibungslosen Testdurchführung waren vorbereitende Maßnahmen notwendig. Zum Erhalt repräsentativer Daten galt eine optimale Zusammenarbeit mit dem Patienten als wichtige Voraussetzung. Diese wurde durch eine korrekte Unterweisung des Patienten in den Testablauf geschaffen, damit der Patient das Gefühl eines alltäglichen Therapietages trotz der Testsituation gewann.

Mit der Option der telemetrischen Datenübertragung über die gesamte Testzeit war eine Online-Überwachung garantiert. Alle wichtigen Patientendaten (Geschlecht, Alter, Größe) wurden am PC und am „K4b²“ eingegeben und gespeichert. Zu markanten Zeitpunkten resultierte die Erhebung relevanter Messgrößen und permanent die Registrierung von VO_2 und VCO_2 . Um die Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der Tests sicherstellen zu können, galt die Anfertigung eines Untersuchungsprotokolls mit Zeitverlauf, Blutdruck- und Herzfrequenzmessung innerhalb der Anforderungen als obligatorisch.

Nach Befestigung des Systems am Rumpf des Patienten wurden zunächst die spirometrischen Größen und die kardialen Parameter in Ruhe erfasst und gemessen, wobei sich der Patient in entspannter und sitzender Position befand. Im Verlauf der krankengymnastischen Behandlung erfolgte die Blutdruckmessung einmalig am nicht zu behandelnden Arm während der Beübung der operierten Seite. In der MTT wurden die Übungen während des ersten Tests in einem bestimmten Algorithmus durchgeführt, der analog beim Wiederholungstest zum Reha-Abschluss Anwendung fand. Die Belastungsintensität für jede Übung in der MTT und deren Vorgabe richtete sich nach dem aktuellen Therapiestand des

Patienten. Die Patienten begannen am jeweiligen Testtag mit einer 15-minütigen Erwärmung am Handkurbelergometer. Anschließend trainierten die Patienten am „Moflex®“ die Bewegungsformen Außenrotation, Innenrotation und Adduktion, zuerst mit der operierten Seite und darauf mit der gesunden Seite. In der jeweils dritten Serie erfolgte in den letzten 30 Sekunden die Blutdruckmessung an der unbeübten Seite. Nach den Übungen am „Moflex®“ führten die Patienten die beidarmige Zugübung am Doppelseilzug durch und schlossen mit dem Training auf dem Fahrradergometer die Therapieeinheit ab. Zum Abschluss des Therapietages wurden nochmals die Ruhewerte (HF, VO_2 , VCO_2) in sitzender und entspannter Position registriert und der Blutdruck gemessen.

In regelmäßigen Abständen erfolgte die Kalibrierung des Gerätes, um die Genauigkeit der Messergebnisse sicherzustellen.



Abb. 6 Proband mit dem Spirometriegerät „K4b²“ an dem Handkurbelergometer

4.3.4.2 Messparameter und Datenerfassung

Über den kompletten Therapieverlauf einschließlich der Ruhephasen zu Beginn und am Ende des Therapietages wurden die Gasstoffwechselgrößen VO_2 und VCO_2 aufgenommen und digital gespeichert. Zur Kennzeichnung und späteren Auswertung erfolgte für jedes „Ereignis“ die Setzung von Markern (Beginn/Ende der Ruhephasen, Beginn/Ende der Krankengymnastik, Beginn/Ende der jeweiligen Übung in der MTT). Es fand über den gesamten Testzeitraum eine telemetrische Datenübertragung mit digitaler Datenerfassung und ein Monitoring des Patienten statt. Alle gemessenen Werte, die Abfolge der Übungen und jedes „Ereignis“ wurden protokollarisch festgehalten. Die erhaltenen Kraft- und Arbeitswerte der Übungen am „Moflex®“ wurden gespeichert und als Grafik ausgedruckt.

Für die spätere Auswertung erfolgte die Übertragung aller Daten deckungsgleich mit denen im Protokoll aufgeschriebenen Parametern in entsprechende Tabellen.

4.4 Statistische Verfahren

Zur statistischen Auswertung der Daten, Messwerte und deren graphische Darstellung fanden die Programme Microsoft® Office Excel 2007, GraphPad InStat (Version 3.01) und GraphPad Prism (Version 4.00) Anwendung.

Im Rahmen der deskriptiven Statistik resultierte die Darstellung von Häufigkeiten, die Berechnung der Mittelwerte (MW), der Standardabweichung (SD) und des Standardfehlers des Mittelwertes (SEM). Die Überprüfung der Unterschiede erfolgte mit verschiedenen Verfahren der Inferenzstatistik. Für die Mittelwertvergleiche innerhalb der Gruppen bei der Untersuchung zur Seilzugisokinetik und bei den leistungsdiagnostischen Untersuchungen zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss wurde der parameterfreie Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben angewendet. Für den Vergleich von Gruppenunterschieden kam der parameterfreie Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben zum Einsatz (Bortz und Lienert 2003, Hoffmann und Orthmann 2009). Dabei galt für die Signifikanzangaben: $p < 0,001$ ****, $p < 0,005$ ***, $p < 0,01$ **, $p < 0,05$ *, $p > 0,05$ n. s. (nicht signifikant).

Im Rahmen der Regressionsanalyse wurde die lineare Regression zur Beschreibung des quantitativen Zusammenhanges zwischen Therapietagen und isokinetischen Referenzwerten herangezogen (Rohland 2000, Hoffmann und Orthmann 2009).

5 Ergebnisse

Im nächsten Kapitel werden die Resultate der zwei durchgeführten Untersuchungen dargestellt.

5.1 Ergebnisse der Seilzugisokinetik mit dem Seilzugsystem „Moflex®“

In den nächsten Abschnitten erfolgt die detaillierte Darstellung der Ergebnisse zur Entwicklung der isokinetischen Kraft, der isokinetischen Arbeit, des Schmerzverhaltens und der aktiven Beweglichkeit der männlichen und weiblichen Patienten über den Rehabilitationszeitraum. Gleichmaßen werden die subjektiven Einschätzungen der Patienten aus den Fragebögen SF-36 und DASH präsentiert. Die Darstellung der Resultate aus den Referenzwertberechnungen in Form von Regressionsgeraden und -gleichungen und der Berechnungen für das Therapieband werden ebenfalls vorgenommen. Die Vorstellung der Resultate erfolgt indikations- und geschlechtsspezifisch.

5.1.1 Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung

Nach operativer Schulterstabilisierung waren die männlichen Patienten durchschnittlich 32 und die weiblichen Patienten 37 Behandlungstage im ambulanten Therapieprogramm.

5.1.1.1 Isokinetische Kraftwerte und Schmerzscore

Männer

Im Verlauf der Rehabilitation war bei den Männern eine deutliche Verbesserung der isokinetischen Kraft auf der operierten Seite festzustellen (Abb. 7). Dies traf für die konzentrische und exzentrische Kraft zu und galt für alle Bewegungsrichtungen. Die isokinetischen Kraftwerte unterschieden sich signifikant. Mit der Außenrotation wurde entsprechend der Vorgaben des Operators ab der 8. postoperativen Woche begonnen. Daraus ergab sich für die Männer im Mittel ein Beginn dieser Übung am 10. Rehabilitationstag. Aus diesem Grund erfolgte die grafische Darstellung ab dem 10. Rehabilitationstag.

Die Einschätzung der Schmerzsituation auf der visuellen Analogskala ergab bei den männlichen Patienten eine sehr geringe Schmerzbewertung. Im Mittel wurden **13,7** ($\pm 0,47$) Punkte über den gesamten Rehabilitationsverlauf angegeben. Dabei entsprachen 0 Punkte maximal starkem Schmerz und 15 Punkte Schmerzfreiheit.

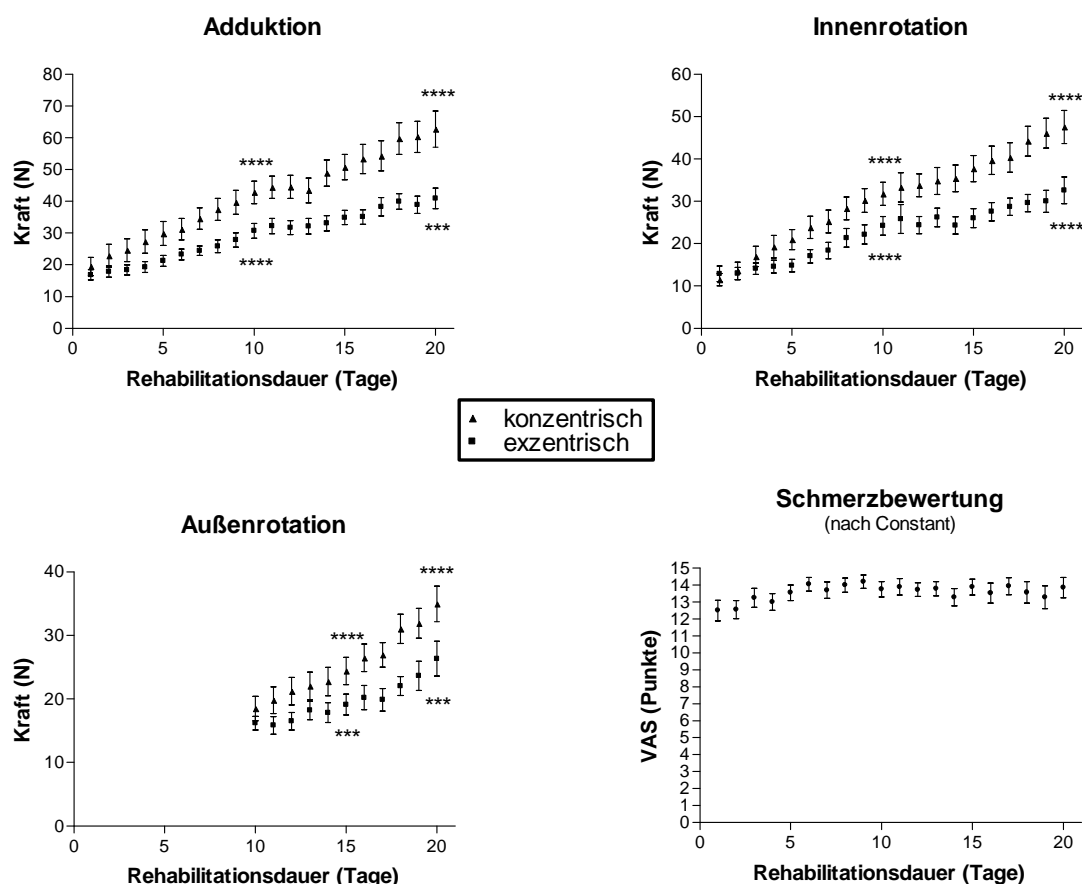


Abb. 7 Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der **männlichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen

Über den gesamten Rehabilitationsverlauf konnten die Frauen bei der Adduktion und Innenrotation stetige Steigerungen der isokinetischen konzentrischen und exzentrischen Kraft auf der operierten Seite aufweisen (Abb. 8). Die Unterschiede zwischen den Kraftwerten vom 1. und 10. Tag sowie vom 10. und 20. Tag waren signifikant. Analog zu den Männern wurde bei den Frauen die Außenrotation nach 8 Wochen postoperativ in das Therapieprogramm integriert, so dass die grafische Darstellung entsprechende Anpassung fand. Im Mittel begannen die Frauen am 6. Rehabilitationstag mit der Außenrotation. Die Frauen wiesen ebenfalls bei der Außenrotation Verbesserungen der isokinetischen Kraft auf. Beim Vergleich der Kraftwerte zwischen dem 10. und 20. Rehabilitationstag war ein signifikanter Unterschied festzustellen.

Über den gesamten Therapieverlauf schätzten die Frauen die Schmerzen auf der visuellen Analogskala als gering ein. Sie vergaben im Mittel **13,2 ($\pm 1,04$) Punkte**.

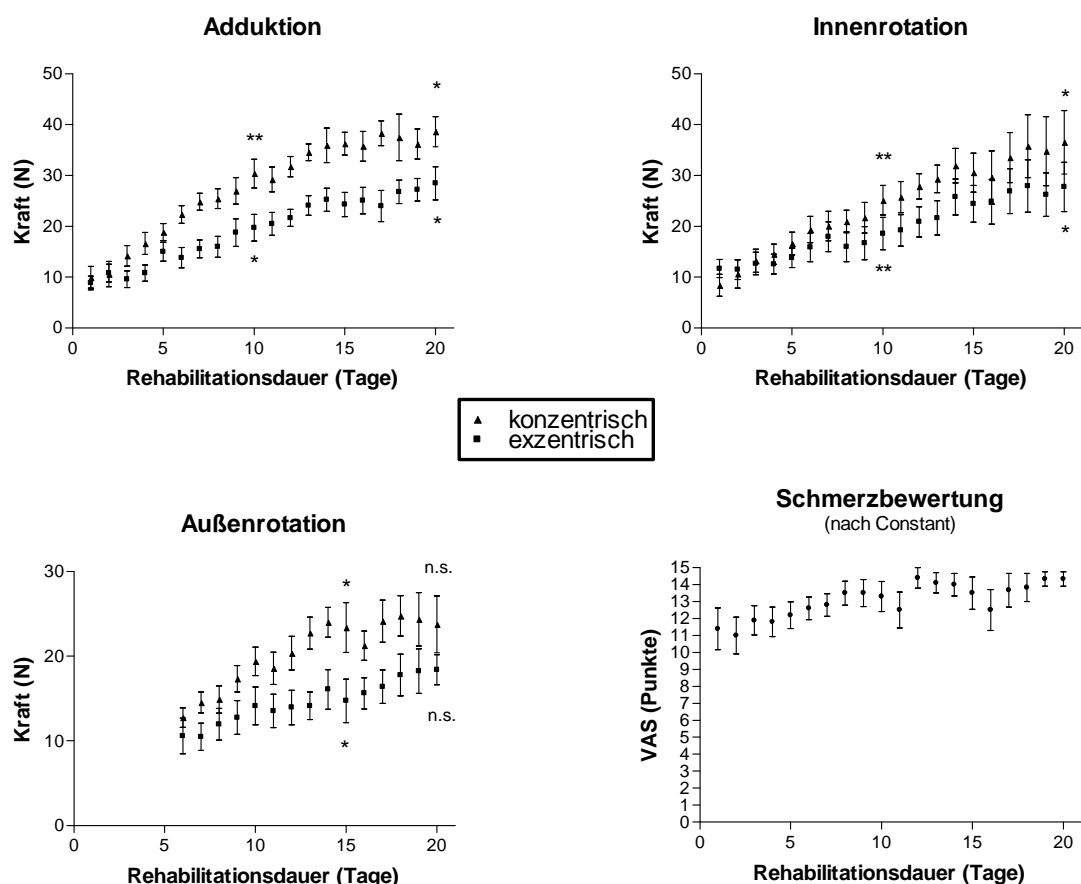


Abb. 8 Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der **weiblichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Männer und Frauen – Vergleich

Zu allen drei untersuchten Zeitpunkten wiesen die Männer für die Übungen Adduktion und Innenrotation höhere konzentrische und exzentrische Kraftwerte als die Frauen auf der operierten Seite auf. Die Unterschiede waren für alle Kraftwerte der Adduktion zu allen drei Zeitpunkten und der Innenrotation konzentrisch am 1. Reha-Tag signifikant. Ein Vergleich für die Außenrotation wurde aufgrund des unterschiedlichen Zeitpunktes der Ausführung dieser Übung im Therapieprozess nicht durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tab. 9 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N von **Männern** (n=20) und **Frauen** (n=10) mit ventraler Schulterstabilisierung an drei Reha-Tagen für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	Reha-Tag	Männer	Frauen	Signifi-kanz	Bewegung	Reha-Tag	Männer	Frauen	Signifi-kanz
ADD konz	1	19,5 (±13,0)	10,0 (±5,7)	*	ADD exz	1	16,9 (±7,3)	8,8 (±3,5)	***
	10	42,8 (±15,7)	30,4 (±7,9)	*		10	30,8 (±10,3)	19,7 (±7,4)	***
	20	62,8 (±21,0)	38,6 (±6,6)	***		20	40,9 (±12,0)	28,5 (±7,3)	*
IRO konz	1	11,5 (±5,3)	8,4 (±5,7)	*	IRO exz	1	12,9 (±6,6)	11,7 (±4,7)	n.s.
	10	31,8 (±12,1)	25,1 (±8,2)	n.s.		10	24,2 (±9,8)	18,6 (±9,0)	n.s.
	20	47,6 (±14,6)	36,6 (±13,9)	n.s.		20	32,6 (±11,8)	27,8 (±10,8)	n.s.
ARO konz	10	18,5 (±6,1)	19,4 (±4,1)		ARO exz	10	16,2 (±3,4)	14,1 (±5,5)	
	15	24,4 (±8,3)	23,4 (±5,1)			15	19,1 (±6,4)	14,7 (±4,4)	
	20	35,0 (±10,5)	23,8 (±5,8)			20	26,3 (±10,3)	18,4 (±3,1)	

Männer – Vergleich zwischen der gesunden und operierten Seite

Für den Vergleich zwischen gesunder und operierter Seite entsprach der Kraftwert der gesunden Seite zu Reha-Beginn 100%. Prozentsatzangaben mit negativem Vorzeichen zeigen einen höheren Kraftwert auf der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite an. Im Rehabilitationsverlauf kam es zu einer Verbesserung der isokinetischen Kraft der Männer auf der operierten und der gesunden Seite, mit Ausnahme der Adduktion exzentrisch. Vom ersten bis zum letzten Tag der Rehabilitation betrugen die Steigerungen auf der operierten Seite für die Adduktion und Innenrotation **242%** und **408%** konzentrisch sowie **156%** und **213%** exzentrisch. Die Unterschiede waren signifikant. Zwischen den isokinetischen Kraftwerten der operierten und gesunden Seite bestanden zu Reha-Beginn Differenzen, die für beide Übungen zwischen **59%** und **79%** lagen. Es waren signifikante Unterschiede nachzuweisen. Zum Reha-Abschluss konnte zwischen beiden Seiten nahezu ein Kraftausgleich erreicht werden. Für die Kraftwerte der konzentrischen Innenrotation und der exzentrischen Adduktion war zum Abschluss der Rehabilitation ein signifikanter Unterschied nachzuweisen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Tab. 10 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **männlichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	55,2 (±11,2)	19,5 (±13,0)	65% (****)	ADD exz Reha-Beginn	41,0 (±11,6)	16,9 (±7,3)	59% (****)
ADD konz Reha-Abschluss	65,5 (±15,1)	66,7 (±22,6)	-2% (n.s.)	ADD exz Reha-Abschluss	39,9 (±12,7)	43,3 (±14,7)	-9% (***)
Verbesserung RB/RA	19% (*)	242% (****)		Verbesserung RB/RA	-3% (n.s.)	156% (****)	
IRO konz Reha-Beginn	54,2 (±18,6)	11,5 (±5,3)	79% (****)	IRO exz Reha-Beginn	36,8 (±20,4)	12,9 (±6,6)	65% (****)
IRO konz Reha-Abschluss	66,3 (±20,2)	58,4 (±18,7)	12% (*)	IRO exz Reha-Abschluss	43,7 (±20,4)	40,4 (±16,3)	8% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	22% (**)	408% (****)		Verbesserung RB/RA	19% (***)	213% (****)	
ARO konz Reha-Beginn	34,2 (±13,0)			ARO exz Reha-Beginn	24,3 (±16,4)		
ARO konz Reha-Abschluss	48,7 (±23,5)	45,8 (±21,8)	6% (n.s.)	ARO exz Reha-Abschluss	31,6 (±18,7)	32,3 (±14,5)	-2% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	42% (***)			Verbesserung RB/RA	30% (*)		

Männer – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss)

Nach 20 Rehabilitationstagen wiesen die Männer auf der operierten Seite bei allen Bewegungsformen bezüglich der Kraftwerte keinen signifikanten Unterschied im Vergleich zur gesunden Seite zu Reha-Beginn auf. Bei der Innenrotation bestand konzentrisch ein Kraftdefizit von **11%** und exzentrisch von **12%**. Zum Reha-Abschluss erreichten die Männer bei allen Bewegungen höhere isokinetische Kraftwerte auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite zu Reha-Beginn. Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Kraftwerten der Adduktion konzentrisch und der Außenrotation konzentrisch und exzentrisch. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 zusammengefasst.

Tab. 11 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **männlichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	Reha-Beginn gesunde Seite	20. Reha-Tag operierte Seite	Diffe- renz	Reha-Beginn gesunde Seite	Reha-Abschluss operierte Seite	Diffe- renz
ADD konz	55,2 (±11,2)	62,8 (±21,0)	-14% (n.s.)	55,2 (±11,2)	66,7 (±22,6)	-21% (**)
ADD exz	41,0 (±11,6)	40,9 (±12,0)	0,2% (n.s.)	41,0 (±11,6)	43,3 (±14,7)	-6% (n.s.)
IRO konz	54,2 (±18,6)	47,6 (±14,6)	12% (n.s.)	54,2 (±18,6)	58,4 (±18,7)	-8% (n.s.)
IRO exz	36,8 (±20,4)	32,6 (±11,8)	11% (n.s.)	36,8 (±20,4)	40,4 (±16,3)	-10% (n.s.)
ARO konz	34,2 (±13,0)	35,0 (±10,5)	-2% (n.s.)	34,2 (±13,0)	45,8 (±21,8)	-34% (***)
ARO exz	24,3 (±16,4)	26,3 (±10,3)	-8% (n.s.)	24,3 (±16,4)	32,3 (±14,5)	-33% (*)

Frauen – Vergleich zwischen der gesunden und operierten Seite

Zu Reha-Beginn bestand eine Differenz zwischen den Kraftwerten der gesunden und operierten Seite. Diese betrugen zwischen **56%** und **79%**. Die Unterschiede waren signifikant. Zum Reha-Abschluss konnten die Frauen die Differenz zwischen den Kraftwerten weitestgehend ausgleichen. Es waren keine signifikante Unterschiede nachzuweisen. Die Frauen konnten die isokinetischen Kraftwerte auf der operierten Seite im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss konzentrisch um **326%** bei der Adduktion und um **363%** bei der Innenrotation steigern. Für die exzentrische Komponente waren Verbesserungen um **210%** bei der Adduktion und um **138%** bei der Innenrotation festzustellen. Bei den Frauen ließen sich auf der gesunden Seite ebenfalls Steigerungen der

isokinetischen Kraft zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss konstatieren. Für die Werte der Adduktion konzentrisch war der Unterschied signifikant. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zeigt Tabelle 12.

Tab. 12 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **weiblichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	41,4 (±6,8)	10,0 (±5,7)	76% (**)	ADD exz Reha-Beginn	26,7 (±4,4)	8,8 (±3,5)	67% (**)
ADD konz Reha-Abschluss	48,2 (±5,1)	42,6 (±10,6)	12% (n.s.)	ADD exz Reha-Abschluss	28,8 (±5,7)	27,3 (±6,8)	5% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	16% (*)	326% (**)		Verbesserung RB/RA	8% (n.s.)	210% (**)	
IRO konz Reha-Beginn	39,4 (±18,2)	8,4 (±5,7)	79% (**)	IRO exz Reha-Beginn	26,6 (±10,3)	11,7 (±4,7)	56% (**)
IRO konz Reha-Abschluss	43,0 (±14,3)	38,9 (±11,9)	10% (n.s.)	IRO exz Reha-Abschluss	27,0 (±6,6)	27,8 (±8,5)	-3% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	9% (n.s.)	363% (**)		Verbesserung RB/RA	2% (n.s.)	138% (**)	
ARO konz Reha-Beginn	24,3 (±11,0)			ARO exz Reha-Beginn	15,8 (±6,5)		
ARO konz Reha-Abschluss	31,3 (±11,7)	28,8 (±9,3)	8% (n.s.)	ARO exz Reha-Abschluss	20,6 (±5,2)	22,1 (±10,2)	-7% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	29% (n.s.)			Verbesserung RB/RA	30% (n.s.)		

Frauen – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss)

Nach 20 Rehabilitationstagen waren bei allen Bewegungsübungen keine signifikanten Unterschiede der isokinetischen Kraftwerte im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss festzustellen. Die Frauen erzielten nach 20 Tagen auf der operierten Seite innerhalb aller Übungen bei der exzentrischen Komponente höhere Kraftwerte als mit der gesunden Seite zu Reha-Beginn. Zum Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme zeigten sich bei allen Bewegungsübungen der operierten Seite, mit Ausnahme der Innenrotation konzentrisch, höhere Kraftwerte als bei der gesunden Seite am Anfang der Rehabilitation. Für die Werte der Außenrotation exzentrisch war der Unterschied signifikant. Die Ergebnisse sind in Tab. 13 dargestellt.

Tab. 13 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **weiblichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	Reha-Beginn gesunde Seite	20. Reha-Tag operierte Seite	Diffe- renz	Reha-Beginn gesunde Seite	Reha-Abschluss operierte Seite	Diffe- renz
ADD konz	41,4 (±6,8)	38,6 (±6,6)	7% (n.s.)	41,4 (±6,8)	42,6 (±10,6)	-3% (n.s.)
ADD exz	26,7 (±4,4)	28,5 (±7,3)	-7% (n.s.)	26,7 (±4,4)	27,3 (±6,8)	-2% (n.s.)
IRO konz	39,4 (±18,2)	36,6 (±13,9)	7% (n.s.)	39,4 (±18,2)	38,9 (±11,9)	1% (n.s.)
IRO exz	26,6 (±10,3)	27,8 (±10,8)	-5% (n.s.)	26,6 (±10,3)	27,8 (±8,5)	-5% (n.s.)
ARO konz	24,3 (±11,0)	23,8 (±5,8)	2% (n.s.)	24,3 (±11,0)	28,8 (±9,3)	-19% (n.s.)
ARO exz	15,8 (±6,5)	18,4 (±3,1)	-17% (n.s.)	15,8 (±6,5)	22,1 (±10,2)	-40% (*)

Zusammenfassung:

1. Im Verlauf der Rehabilitation konnte bei den Männern und Frauen mit ventraler Stabilisierung eine deutliche Verbesserung der isokinetischen Kraft auf der operierten Seite erreicht werden. Die Unterschiede waren signifikant.
2. Der Vergleich von operierter und gesunder Seite ergab nach 20 Tagen Therapie keinen signifikanten Unterschied der isokinetischen Kraftwerte bei den Männern und Frauen.
3. Es wurden Steigerungen der isokinetischen Kraft vom Reha-Beginn bis zum 20. Reha-Tag für die Adduktion, Innenrotation, Außenrotation erreicht:
 - Männer: konzentrisch: 222%, 314%, 55%; exzentrisch: 142%, 153%, 41%
 - Frauen: konzentrisch: 288%, 335%, 86%; exzentrisch: 222%, 138%, 74%
4. Der prozentuale Unterschied zwischen der isokinetischen Kraft der gesunden Seite zu Reha-Beginn (entsprach 100%) und der operierten Seite zum Reha-Abschluss betrug für die Adduktion, Innenrotation, Außenrotation: (die negativen Werte weisen auf eine größere Kraft der operierten Seite hin)
 - Männer: konzentrisch: -21%, -8%, -34%; exzentrisch: -6%, -10%, -33%
 - Frauen: konzentrisch: -3%, 1%, -19%; exzentrisch: -2%, -5%, -40%
5. Die isokinetischen Kraftwerte wurden im gesamten Rehabilitationsverlauf unter einem geringen Schmerzniveau erreicht:
 - Männer: 13,7 (±0,47) Punkte
 - Frauen: 13,2 (±1,04) Punkte

5.1.1.2 Referenzwerte für die isokinetische Kraftentwicklung

Aus den erhobenen Kraftwerten wurden Regressionsgraphiken und Regressionsgleichungen erstellt. Die Regressionslinien ergaben sich aus den Mittelwerten der konzentrischen und exzentrischen Kraftwerte für die verschiedenen Bewegungsübungen. Diese gelten als repräsentative Referenzwerte für schädigungsfrei erreichbare isokinetische Kraftzuwächse innerhalb eines definierten Schulterprogramms für Patienten mit ventraler Stabilisierung.

Nachfolgende Abbildungen zeigen die erstellten Regressionslinien der isokinetischen Kraftentwicklung mit den Standardabweichungen und den entsprechenden Regressionsgleichungen für die Männer (Abb. 9) und Frauen (Abb. 10) mit ventraler Stabilisierung.

Die erstellten Regressionslinien der Männer und Frauen mit ventraler Stabilisierung präsentieren innerhalb der Bewegungen, in unterschiedlichem Ausmaß, kontinuierliche Anstiege über den Rehabilitationszeitraum von 20 Tagen. Die konzentrischen Regressionslinien weisen einen steileren Anstieg als die exzentrischen Regressionslinien auf.

Folgende kurze Erläuterung gilt nicht ausschließlich für die Darstellung der Patienten mit ventraler Stabilisierung, sondern ebenfalls für die Präsentationen der zwei anderen Indikationen. Für die praktische Anwendung erfolgt die Illustration als Graphiken und als Gleichungen. Unter jeder Einzelgraphik ist die verwendete Funktionsgleichung, welche die Grundlage für die Regressionsgerade der isokinetischen Kraft bildet, eingerahmt. Der Bereich, der sich oberhalb und unterhalb der Regressionsgeraden der Kraft (durchgezogene Linie) durch die Regressionsgeraden der jeweiligen Standardabweichung (gestrichelte Linien) ergibt, gilt als Referenzbereich für die entsprechende Bewegungsform. Dieser wird als derjenige Bereich definiert, in welchem isokinetische Kraftwerte im Rahmen des Therapiegeschehens auftreten können.

Zur Verdeutlichung wie die Grafiken und Gleichungen praktisch zu verwenden sind, wird an dem Beispiel der Adduktion konzentrisch der Männer mit ventraler Stabilisierung (Abb. 9) das Procedere erläutert. Dieses Vorgehen ist auf die Regressionsdarstellungen für die zwei anderen Indikationen übertragbar.

Beispiel: Es wird der isokinetische Kraftwert und der obere Kraftgrenzwert der Adduktion konzentrisch für den 13. Therapietag gesucht. (Männer, ventrale Stabilisierung).

Verwendung Grafik: Auf der x-Achse (Therapietage) wird der 13. Tag gesucht, vom 13. Tag wird senkrecht (roter Pfeil) nach oben bis zur durchgezogenen schwarzen Linie (Regressionsgerade Kraft) gegangen, von diesem Punkt aus wird der waagerechten Linie (blauer Pfeil) nach links bis zum Schnittpunkt mit der y-Achse (Kraft) gefolgt. Auf dieser lässt sich der gesuchte Wert (blaue Pfeilspitze) ablesen – in diesem Beispiel rund 47 N. Um den oberen Grenzwert der Kraft für diesen Tag zu finden, wird vom 13. Tag senkrecht nach oben (roter Pfeil und roter gestrichelter Pfeil) bis zur gestrichelten schwarzen Linie (Regressionsgerade Standardabweichung) oberhalb der durchgezogenen schwarzen Linie gefolgt und von diesem Punkt aus wird waagerecht (blaue gestrichelte Linie) nach links bis zum Schnittpunkt mit der y-Achse gefolgt. Der gesuchte obere Grenzwert (blaue Pfeilspitze) kann von der y-Achse abgelesen werden. In diesem Beispiel sind das rund 66 N. Um den unteren Grenzwert für diesen Tag ablesen zu können, wird analog verfahren, mit der Ausnahme, dass die gestrichelte Linie (Regressionsgerade Standardabweichung), die sich unterhalb der durchgezogenen schwarzen Linie befindet, aufgesucht wird.

Verwendung Gleichung: $y = 2,193x + 18,61$
 y = gesuchter Kraftwert in N
 x = Therapietag (13. Tag)

$$y = 2,193 * 13 + 18,61$$
$$y = 47,119 \approx 47 \text{ N}$$

Berechnung Grenzwerte: $y = 47,119 + 18,61$ (Standardabweichung oberhalb)
 $y = 65,729 \approx 66 \text{ N}$
 $y = 47,119 - 18,61$ (Standardabweichung unterhalb)
 $y = 28,509 \approx 29 \text{ N}$

Anhand dieser Verfahrensweisen können für jeden Therapietag die entsprechenden Kraftwerte, der Referenzwert und die jeweiligen Grenzwerte aus der Graphik abgelesen oder mittels der Gleichung berechnet werden.

Um die Kraftwerte zu erhalten, die den obersten bzw. den untersten Kraftwert innerhalb des Referenzbereiches (Standardabweichung) darstellen, wird die entsprechende Standardabweichung addiert bzw. subtrahiert. Diese Kraftwerte bilden die sogenannten Grenzwerte des schädigungsfreien Kraftintervalls.

Isokinetische Referenzwerte Ventrale Stabilisierung – Männer –

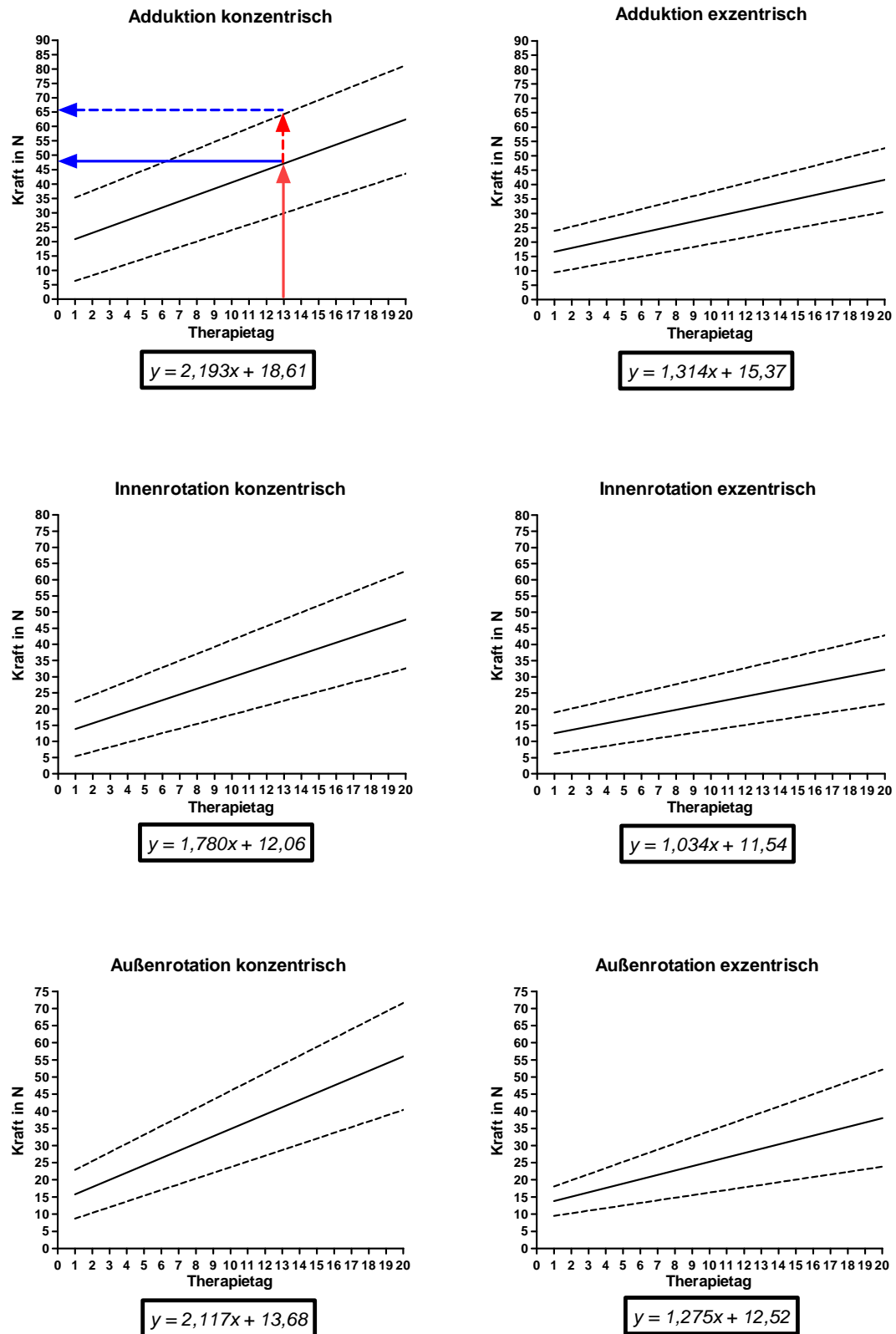


Abb. 9 Referenzwerte der isokinetischen Kraft der Männer mit ventraler Stabilisierung (n=20). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung.

Isokinetische Referenzwerte Ventrale Stabilisierung – Frauen –

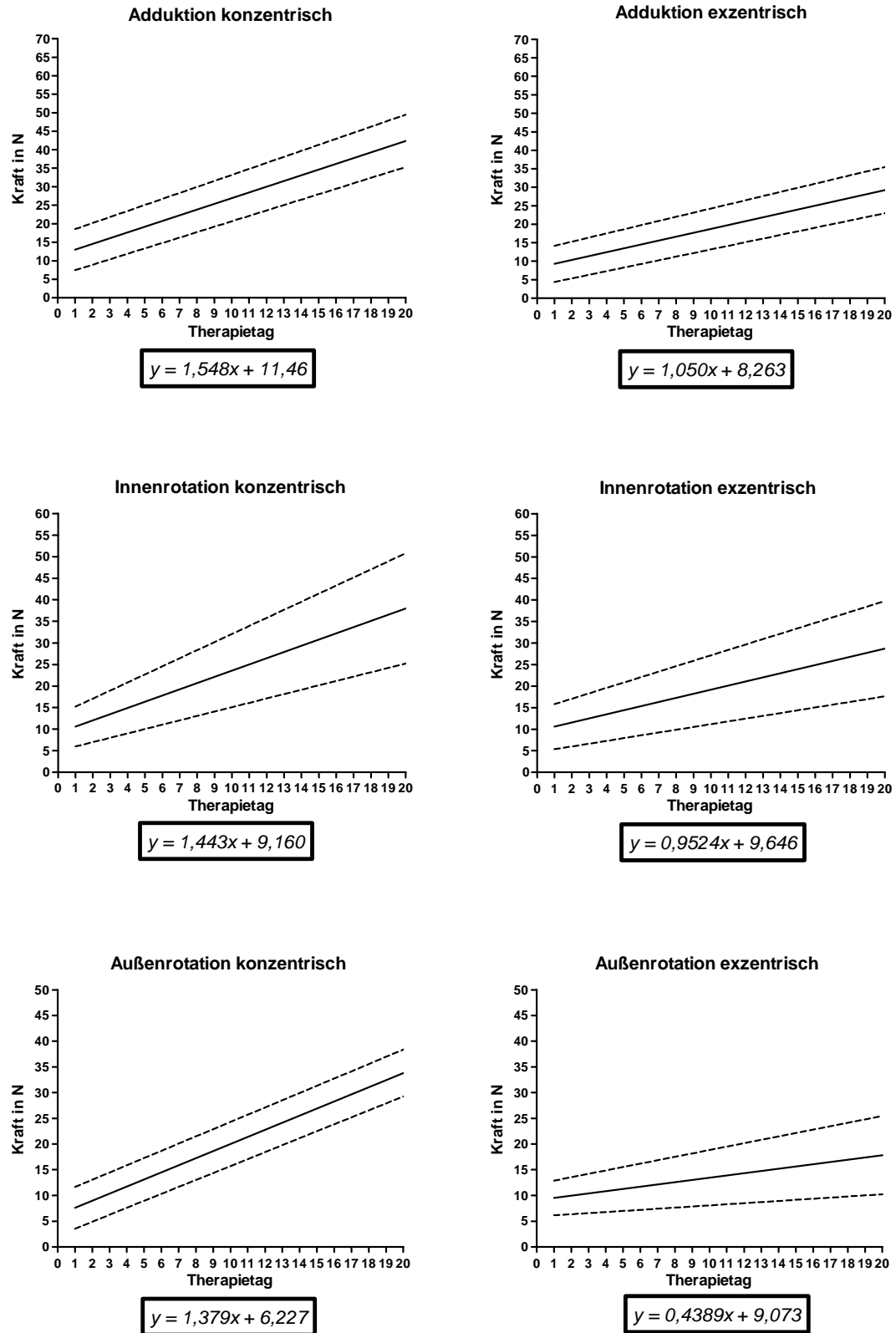


Abb. 10 Referenzwerte der isokinetischen Kraft der Frauen mit ventraler Stabilisierung (n=10). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung.

— Regressionsgerade
-- Standardabweichung

Zusammenfassung:

1. Es wurden Referenzwerte der postoperativen isokinetischen Kraftentwicklung über 20 Rehabilitationstage für Männer und Frauen mit ventraler Stabilisierung erstellt.
2. Die Darstellung der Regressionsgeraden der isokinetischen Kraft und der Standardabweichung erfolgte für die Adduktion, Innenrotation und Außenrotation, jeweils konzentrisch und exzentrisch.
3. Mit der Verwendung der Grafiken und Funktionsgleichungen ist die Bestimmung des konzentrischen und exzentrischen Kraftniveaus für jeden Therapietag möglich.

5.1.1.3 Isokinetische Arbeitswerte***Männer – Vergleich der gesunden und operierten Seite***

Für den Vergleich zwischen der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss entsprach der Arbeitswert der gesunden Seite 100%. Prozentsatzangaben mit negativem Vorzeichen zeigen einen höheren Arbeitswert auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite an.

Zu Reha-Beginn waren bei den Männern deutliche Differenzen der isokinetischen Arbeit zwischen der operierten und gesunden Seite festzustellen. Die Unterschiede waren signifikant. Zum Reha-Abschluss wiesen die Männer bei allen Bewegungsformen deutliche Verbesserungen der isokinetischen Arbeit auf der operierten Seite auf. Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen den isokinetischen Arbeitswerten der konzentrischen Innen- und Außenrotation und der exzentrischen Adduktion. Bei der Adduktion exzentrisch wurde ein höherer Arbeitswert auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite erreicht. Die Steigerungen der isokinetischen Arbeit auf der operierten Seite vom ersten bis zum letzten Tag der Reha betrugen zwischen **218%** und **468%** für die verschiedenen Bewegungsformen. Es ergaben sich signifikante Unterschiede. Auf der gesunden Seite konnten die Männer die isokinetischen Arbeitswerte ebenfalls verbessern, mit Ausnahme der Adduktion exzentrisch. Die Unterschiede waren signifikant. Tabelle 14 zeigt die Ergebnisse.

Tab. 14 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **männlichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	28,0 (±7,7)	7,2 (±4,9)	74% (****)	ADD exz Reha-Beginn	20,5 (±5,3)	6,2 (±3,0)	70% (****)
ADD konz Reha-Abschluss	31,5 (±7,9)	30,9 (±12,2)	2% (n.s.)	ADD exz Reha-Abschluss	17,8 (±7,2)	19,7 (±6,1)	-11% (**)
Verbesserung RB/RA	13% (*)	329% (****)		Verbesserung RB/RA	-13% (n.s.)	218% (****)	
IRO konz Reha-Beginn	17,0 (±5,7)	3,1 (±1,8)	82% (****)	IRO exz Reha-Beginn	11,2 (±5,8)	3,5 (±2,1)	69% (****)
IRO konz Reha-Abschluss	20,2 (±6,9)	17,6 (±6,0)	13% (*)	IRO exz Reha-Abschluss	13,2 (±5,9)	11,9 (±4,9)	10% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	19% (**)	468% (****)		Verbesserung RB/RA	18% (**)	240% (****)	
ARO konz Reha-Beginn	10,1 (±3,6)			ARO exz Reha-Beginn	6,9 (±3,5)		
ARO konz Reha-Abschluss	14,6 (±7,3)	12,0 (±5,7)	18% (*)	ARO exz Reha-Abschluss	9,4 (±5,4)	8,5 (±3,8)	10% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	45% (***)			Verbesserung RB/RA	36% (*)		

Frauen – Vergleich der gesunden und operierten Seite

Zu Reha-Beginn zeigten die isokinetischen Arbeitswerte der Frauen auf der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite eindeutige Differenzen. Es bestanden signifikante Unterschiede. Die Frauen wiesen auf der operierten Seite zum Reha-Abschluss gegenüber dem Reha-Beginn bei allen Bewegungsübungen betreffs der isokinetischen Arbeit deutliche Verbesserungen auf. Die anfänglichen Seitendifferenzen konnten nahezu ausgeglichen werden. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Arbeitswerten der gesunden und operierten Seite. Im Verlauf der Rehabilitation konnten die Frauen die isokinetische Arbeit auf der operierten Seite für die Adduktion und Innenrotation vom ersten bis zum letzten Tag konzentrisch um **355%** und **435%** und exzentrisch um **209%** und **145%** steigern. Die Unterschiede zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss waren signifikant. Auf der gesunden Seite präsentierten die Frauen ebenfalls Verbesserungen der isokinetischen Arbeit bei allen konzentrischen Werten und der exzentrischen Außenrotation. Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen den Arbeitswerten der Adduktion konzentrisch und exzentrisch bei dieser Gegenüberstellung. Alle Resultate sind in Tabelle 15 zusammengefasst.

Tab. 15 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **weiblichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	17,0 (±2,9)	3,8 (±2,3)	78% (*)	ADD exz Reha-Beginn	10,9 (±1,3)	3,5 (±1,3)	68% (*)
ADD konz Reha-Abschluss	18,8 (±1,8)	17,3 (±3,9)	8% (n.s.)	ADD exz Reha-Abschluss	8,6 (±3,5)	10,8 (±2,7)	-26% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	11% (*)	355% (*)		Verbesserung RB/RA	-21% (*)	209% (*)	
IRO konz Reha-Beginn	11,9 (±6,9)	2,0 (±1,2)	83% (**)	IRO exz Reha-Beginn	8,3 (±4,0)	2,9 (±1,0)	65% (**)
IRO konz Reha-Abschluss	12,5 (±5,6)	10,7 (±3,6)	14% (n.s.)	IRO exz Reha-Abschluss	7,7 (±2,3)	7,1 (±2,2)	8% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	5% (n.s.)	435% (**)		Verbesserung RB/RA	-7% (n.s.)	145% (**)	
ARO konz Reha-Beginn	7,5 (±4,1)			ARO exz Reha-Beginn	4,9 (±2,2)		
ARO konz Reha-Abschluss	8,8 (±4,6)	7,4 (±2,6)	16% (n.s.)	ARO exz Reha-Abschluss	5,7 (±2,1)	5,5 (±2,2)	3% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	17% (n.s.)			Verbesserung RB/RA	16% (n.s.)		

Zusammenfassung:

1. Der Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss ergab bei den Männern und Frauen mit ventraler Stabilisierung eine deutliche Verbesserung der isokinetischen Arbeit auf der operierten Seite. Die Unterschiede waren signifikant.
2. Der Vergleich von operierter und gesunder Seite ergab zum Reha-Abschluss keinen signifikanten Unterschied der isokinetischen Arbeitswerte bei den Frauen. Bei den Männern bestanden bei diesem Vergleich signifikante Unterschiede zwischen den isokinetischen Arbeitswerten der Innen- und Außenrotation konzentrisch und der Adduktion exzentrisch.
3. Es wurden Steigerungen der isokinetischen Arbeit auf der operierten Seite vom Reha-Beginn bis zum Reha-Abschluss für die Adduktion, Innenrotation erreicht:
 - Männer: konzentrisch: 329%, 468%; exzentrisch: 218%, 240%
 - Frauen: konzentrisch: 355%, 435%; exzentrisch: 209%, 145%
4. Der prozentuale Unterschied zwischen der isokinetischen Arbeit der gesunden Seite (entsprach 100%) und der operierten Seite zum Reha-Abschluss betrug für die Adduktion, Innenrotation, Außenrotation: (die negativen Werte weisen auf eine größere Arbeit der operierten Seite hin)
 - Männer: konzentrisch: 2%, 13%, 18%; exzentrisch: -11%, 10%, 10%
 - Frauen: konzentrisch: 8%, 14%, 16%; exzentrisch: -26%, 8%, 3%

5.1.1.4 Aktive Schulterbeweglichkeit

Männer – Vergleich der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn

Die Männer wiesen zu Reha-Beginn bei der aktiven Beweglichkeit auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite eine deutliche Bewegungseinschränkung auf (Abb. 11). Für alle Bewegungsrichtungen ergaben sich signifikante Unterschiede. Besonders deutlich waren die Abweichungen bei der Anteversion und der Abduktion, mit Differenzen von **93°** bzw. **114°**.

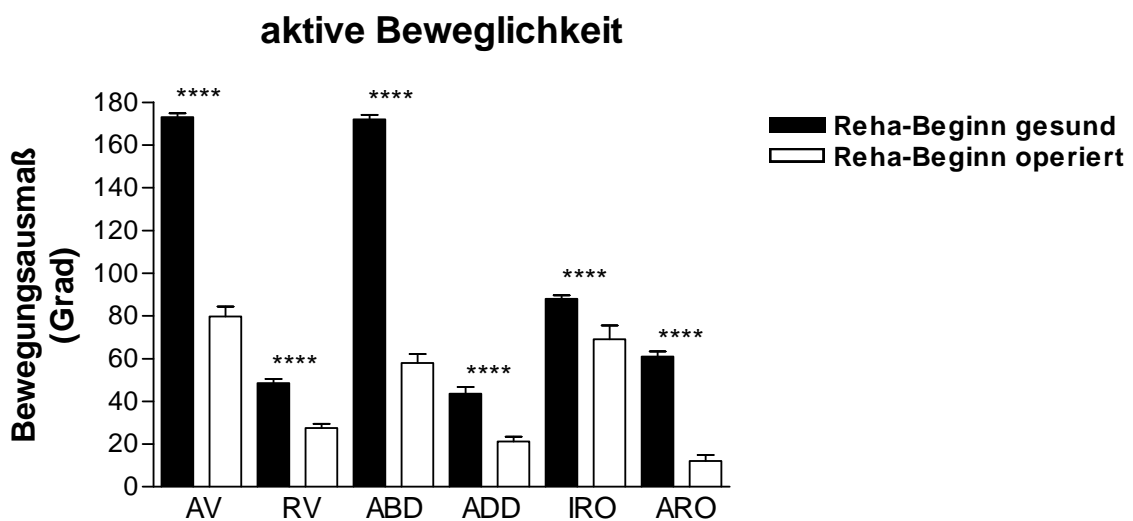


Abb. 11 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn bei den **männlichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Männer – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss

Im Verlauf der Rehabilitation konnte die aktive Beweglichkeit der Männer auf der operierten Seite deutlich verbessert werden (Abb. 12). Es bestanden Differenzen bei der Anteversion, Abduktion, Adduktion und Außenrotation zwischen gesunder und operierter Seite. Die Unterschiede waren signifikant. Bei der Anteversion und Abduktion konnten die anfänglichen Differenzen auf **24°** bzw. **29°** reduziert werden. Bei den Bewegungen Retroversion und Innenrotation waren im Vergleich zwischen gesunder Seite zu Reha-Beginn und operierter Seite zum Reha-Abschluss keine wesentlichen Unterschiede festzustellen.

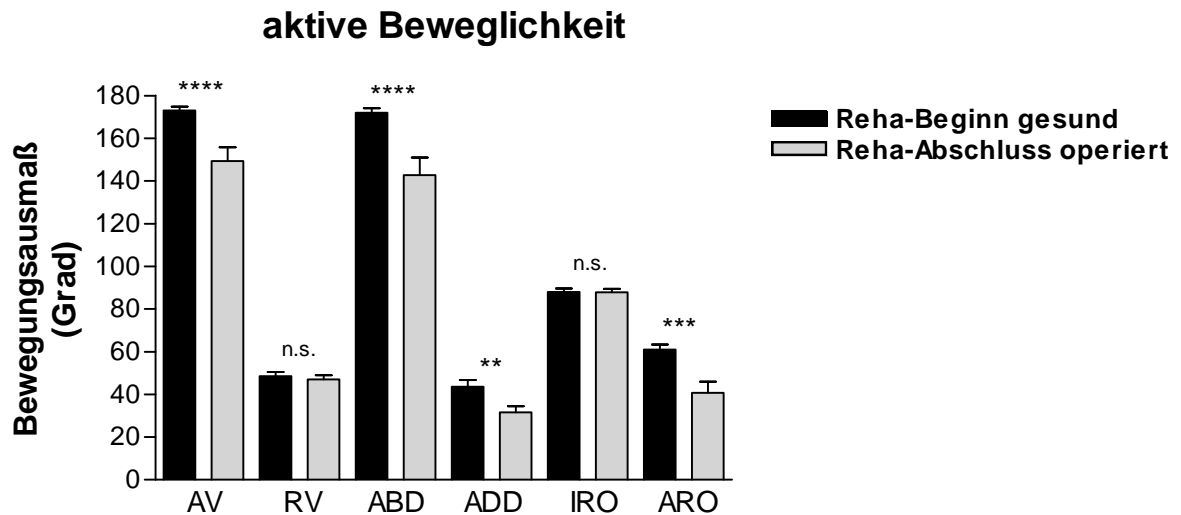


Abb. 12 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den **männlichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Männer – Vergleich der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss

Für die aktive Beweglichkeit der Männer auf der operierten Seite ergaben sich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss bei allen Bewegungsrichtungen deutliche Verbesserungen (Abb. 13). Die Unterschiede waren signifikant. Die Anteversion zeigte Zunahmen von 80° ($\pm 20,7$) auf 149° ($\pm 29,2$), die Retroversion von 28° ($\pm 9,0$) auf 47° ($\pm 8,6$), die Abduktion von 58° ($\pm 18,7$) auf 143° ($\pm 36,6$), die Adduktion von 21° ($\pm 9,9$) auf 32° ($\pm 13,1$), die Außenrotation von 12° ($\pm 13,2$) auf 41° ($\pm 23,2$) und die Innenrotation von 69° ($\pm 29,4$) auf 88° ($\pm 7,9$).

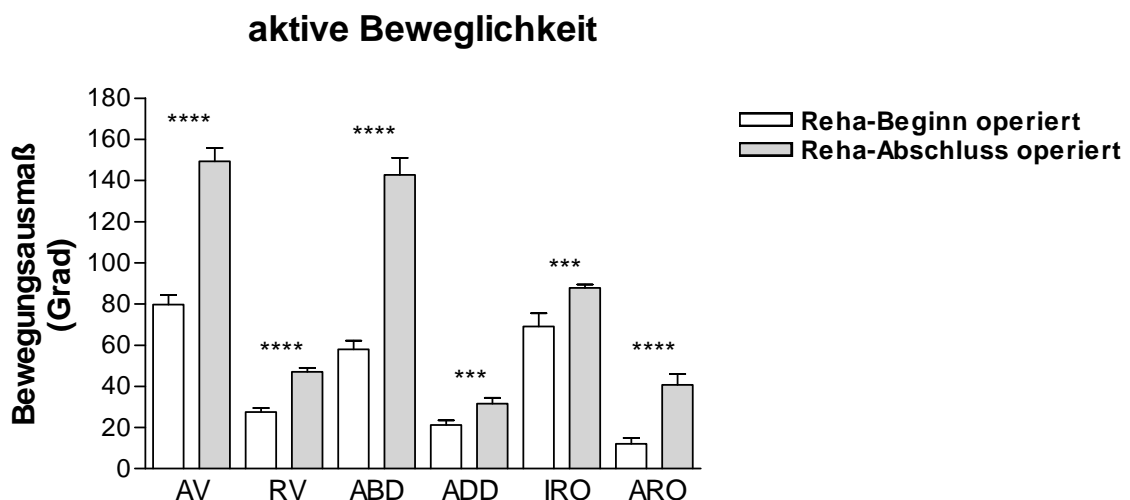


Abb. 13 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den **männlichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen – Vergleich der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn

Die Frauen wiesen bei der aktiven Beweglichkeit zu Reha-Beginn auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite bei allen Bewegungen Einschränkungen auf (Abb. 14). Die Unterschiede waren signifikant, außer bei der Innenrotation. Im Vergleich beider Seiten präsentierten sich sichtbare Differenzen bei der Anteversion von 99° , der Abduktion von 108° und bei der Außenrotation von 51° .

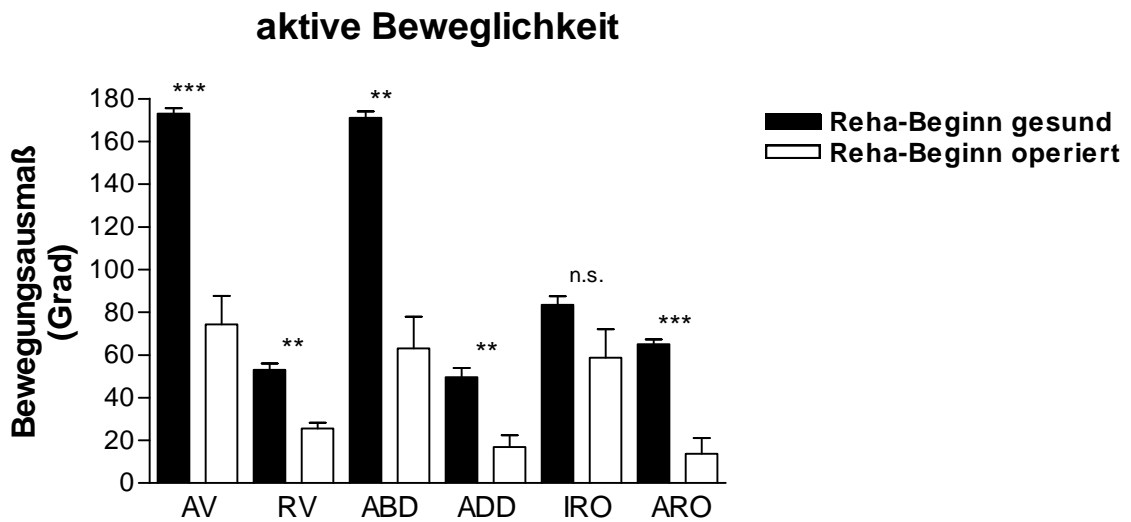


Abb. 14 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn bei den **weiblichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss

Die Frauen konnten im Rehabilitationsverlauf die aktive Beweglichkeit auf der operierten Seite auffallend verbessern (Abb. 15). Eine Annäherung an die Messwerte der gesunden Seite war zu erkennen. Die Abweichungen vom Reha-Beginn zwischen gesunder und operierter Seite konnten zum Reha-Abschluss bei der Anteversion auf 16° , bei der Abduktion auf 22° und bei der Außenrotation auf 22° minimiert werden. Für die Innenrotation war ein besserer Wert auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite festzustellen. Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Werten der gesunden und operierten Seite, mit Ausnahme der Innenrotation.

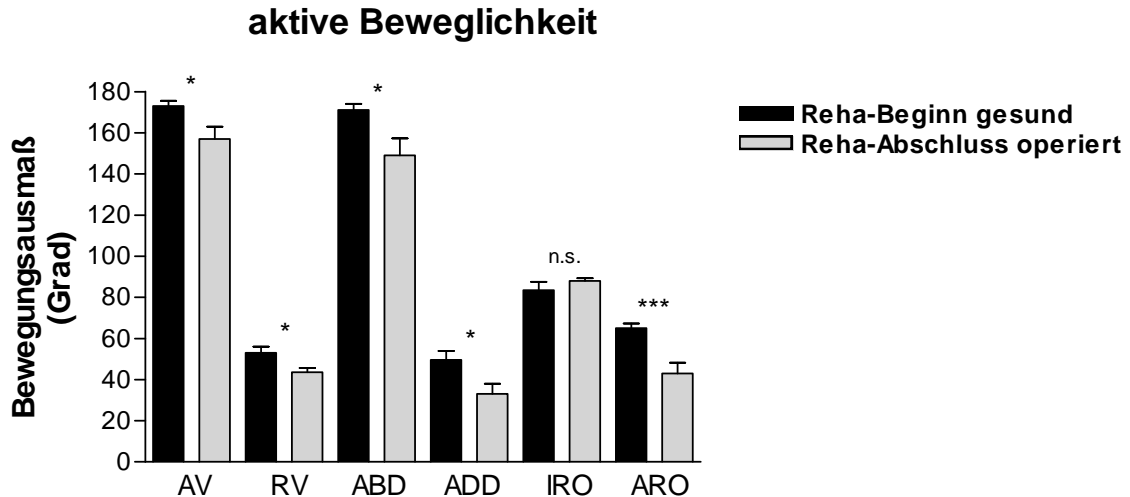


Abb. 15 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den **weiblichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen – Vergleich der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss

Die aktive Beweglichkeit auf der operierten Seite der Frauen ließ innerhalb aller Bewegungsrichtungen eine deutliche Steigerung vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss erkennen (Abb. 16). Dies zeigte sich in signifikanten Unterschieden bei allen Bewegungen. Es wurden Verbesserungen bei der Anteversion von $74^\circ (\pm 37,6)$ auf $157^\circ (\pm 18,9)$, der Retroversion von $26^\circ (\pm 7,3)$ auf $44^\circ (\pm 7,1)$, der Abduktion von $63^\circ (\pm 41,7)$ auf $149^\circ (\pm 26,1)$, der Adduktion von $17^\circ (\pm 15,8)$ auf $33^\circ (\pm 15,8)$, der Außenrotation von $14^\circ (\pm 20,7)$ auf $43^\circ (\pm 16,5)$ und bei der Innenrotation von $59^\circ (\pm 37,6)$ auf $88^\circ (\pm 4,2)$ erreicht.

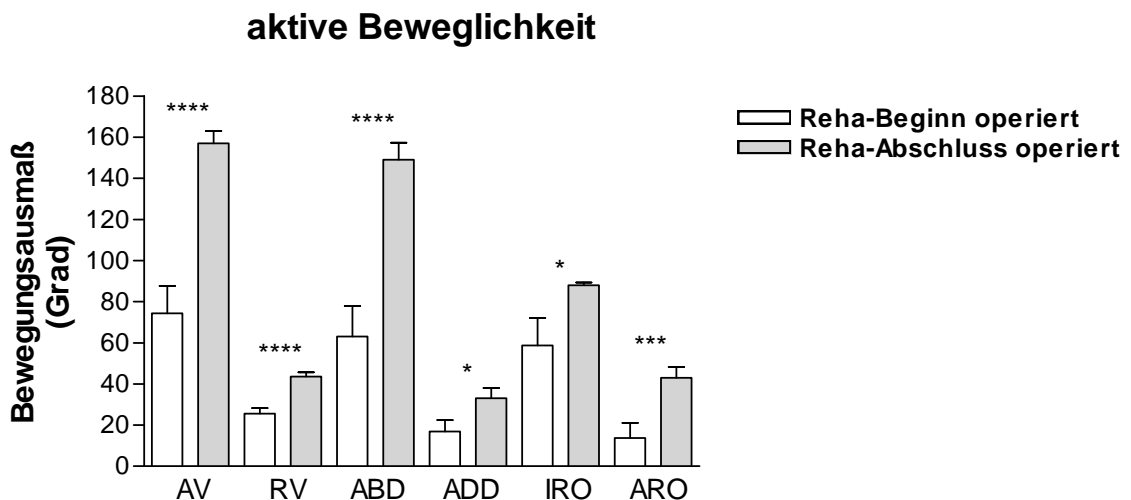


Abb. 16 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den **weiblichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Zusammenfassung:

1. Bei den Männern und Frauen war eine deutliche Verbesserung der aktiven Beweglichkeit vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss in allen Bewegungsrichtungen nachzuweisen. Die Unterschiede waren signifikant.
2. Zum Reha-Abschluss bestanden noch Unterschiede in der aktiven Beweglichkeit zwischen operierter und gesunder Seite. Für die Innenrotation konnte eine bessere Beweglichkeit auf der operierten Seite erreicht werden.
3. Die Differenzen betrugen für Anteversion/ Retroversion/ Abduktion/ Adduktion/ Innenrotation/ Außenrotation: (der negative Wert weist auf eine bessere Beweglichkeit der operierten Seite hin)
 - Männer: 24°/ 1,5°/ 29°/ 12°/ 0,3°/ 20°
 - Frauen: 16°/ 10°/ 22°/ 17°/ -5°/ 22°

5.1.1.5 Fragebögen DASH und SF-36-Health-Survey**Männer – DASH**

Die Auswertung des DASH-Fragebogens ergab bei den Männern zu Reha-Beginn im Mittel **51,7** ($\pm 17,4$) und zum Reha-Abschluss **14,4** ($\pm 8,2$) Punkte (Abb. 17). Der Unterschied war signifikant und entsprach einer Verbesserung in der Durchführbarkeit von Routineaktivitäten des täglichen Lebens. Ein Punktwert von 0 zeigt eine optimale Funktion und ein Punktwert von 100 eine maximale Behinderung an.

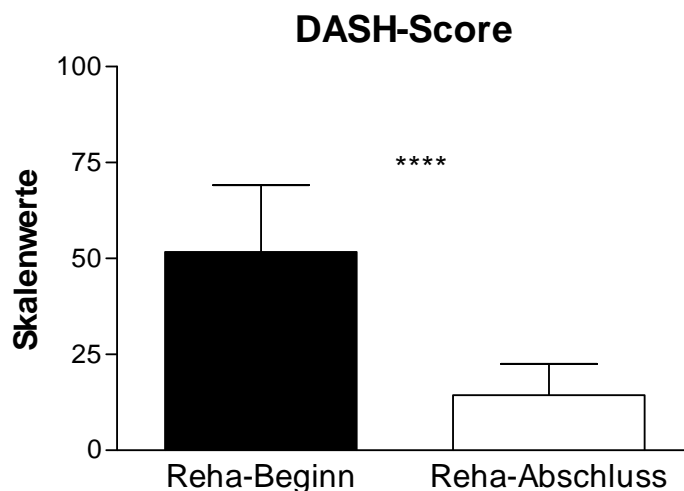


Abb. 17 Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den **männlichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Frauen – DASH

Die Frauen gaben beim DASH-Fragebogen zu Reha-Beginn im Mittel **43,5** ($\pm 25,1$) und zum Reha-Abschluss im Mittel **12,9** ($\pm 7,5$) Punkte an (Abb. 18). Der Unterschied war signifikant. Zum Reha-Abschluss konnten die Frauen die Aktivitäten des täglichen Lebens besser durchführen als zu Reha-Beginn. In die Auswertung wurden aufgrund der unzureichenden Rücklaufquote fünf weibliche Patienten einbezogen.

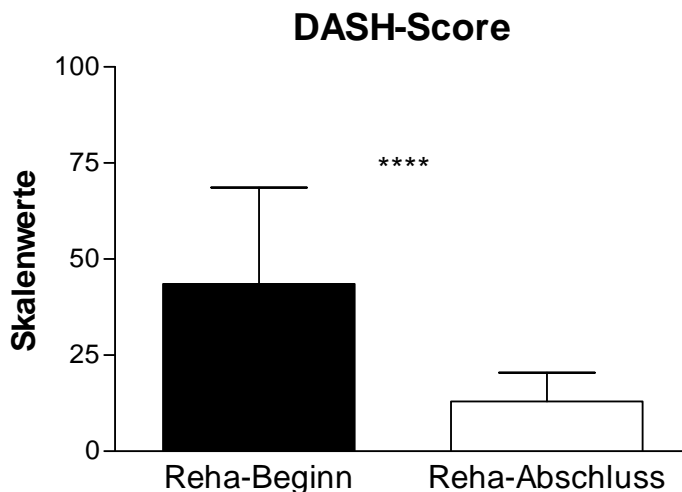


Abb. 18 Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den **weiblichen Patienten** mit ventraler Schulterstabilisierung (n=5). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Männer – SF-36-Health-Survey

Bei der Einschätzung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität unter Verwendung des SF-36 wurden im Vergleich der Untersuchungsgruppe mit der deutschen Normpopulation zu Reha-Beginn deutlich geringere Punktwerte festgestellt. Davon ausgenommen ist die Skala des psychischen Wohlbefindens. Zum Reha-Abschluss zeigte sich vor allem eine Zunahme der Punktwerte bei den körperlichen Funktionen (Abb. 19). Die Unterschiede zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss waren signifikant mit Ausnahme der Skalen Vitalität (V) und psychisches Wohlbefinden (PW). Zum Ende der Rehabilitation bestanden lediglich geringe Unterschiede zwischen der Untersuchungsgruppe und der Normpopulation bei fast allen Subskalen. Die Werte der Skalen, allgemeine Gesundheit (AG) und psychisches Wohlbefinden (PW), waren zum Reha-Abschluss höher als die Werte der Normpopulation.

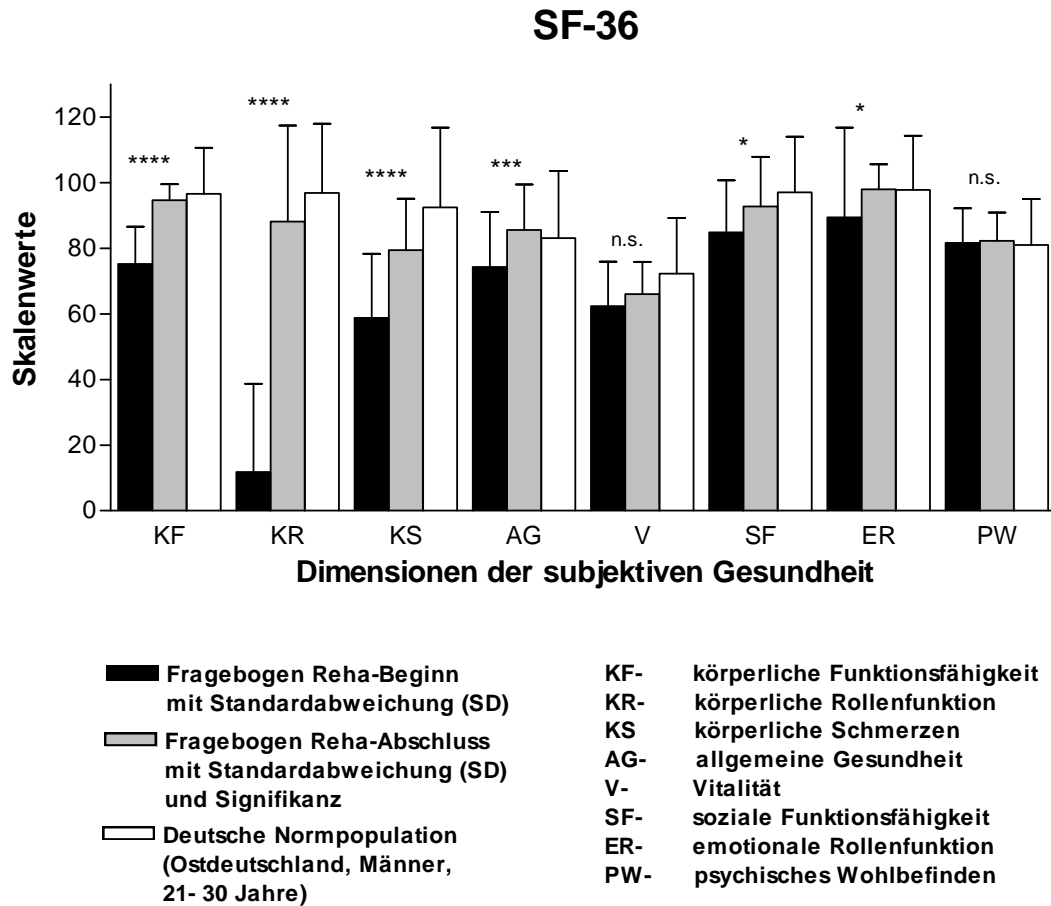


Abb. 19 Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den **männlichen Patienten** mit vorderer Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Frauen – SF-36-Health-Survey

Im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss ergaben sich zum Reha-Abschluss bei den Punktwerten der Frauen deutliche Verbesserungen bei den körperbezogenen Dimensionen und der sozialen Funktionsfähigkeit (SF) (Abb. 20). Die Unterschiede waren signifikant. In den Rubriken der allgemeinen Gesundheit (AG), Vitalität (V), emotionalen Rollenfunktion (ER) und des psychischen Wohlbefindens (PW) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss nachgewiesen werden. Zu Reha-Beginn wies die weibliche Untersuchungsgruppe im Vergleich mit der alters- und geschlechtsspezifischen Normpopulation geringere Werte auf. Am Ende der Therapie waren zwischen der Untersuchungsgruppe und der Normpopulation, außer in der Dimension emotionale Rollenfunktion (ER), keine deutlichen Unterschiede festzustellen.

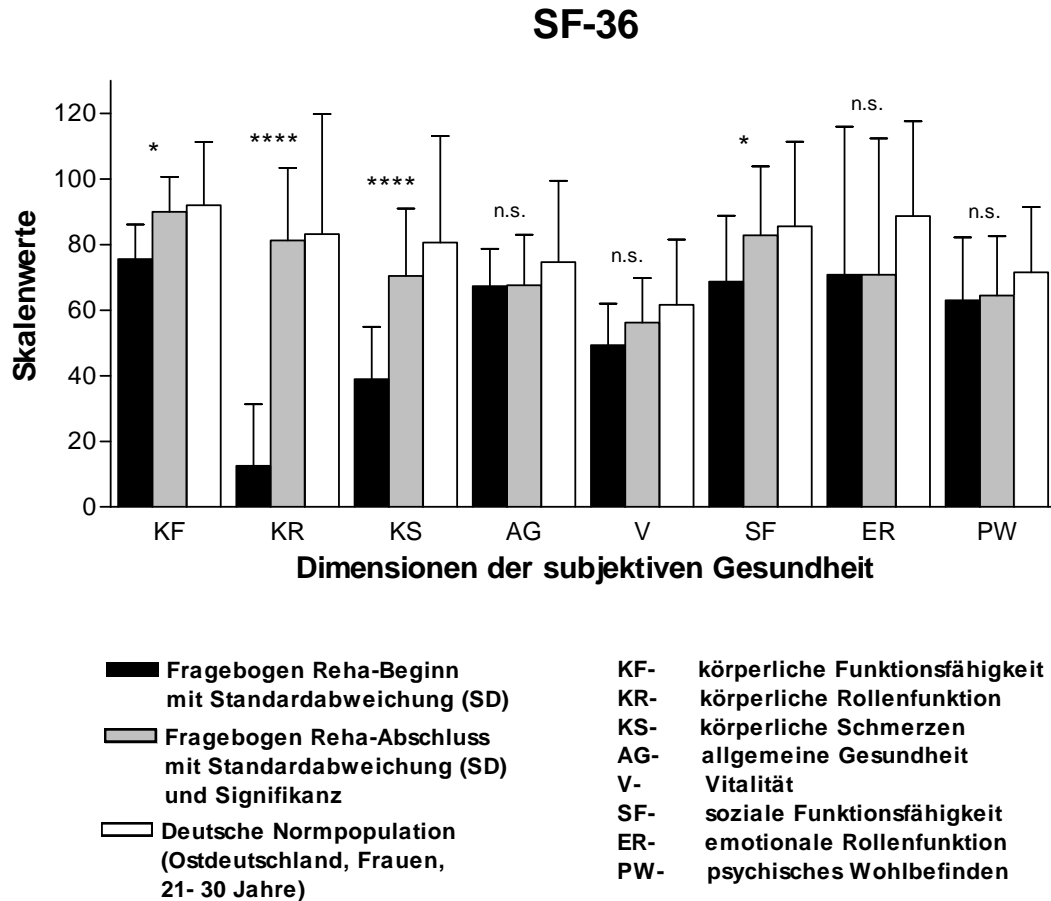


Abb. 20 Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den **weiblichen Patienten** mit vorderer Schulterstabilisierung (n=10). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Zusammenfassung:

1. Im DASH-Score wurde eine deutliche Verbesserung bei den männlichen Patienten von 51,7 ($\pm 17,4$) auf 14,4 ($\pm 8,2$) Punkte und bei den weiblichen Patienten von 43,5 ($\pm 25,1$) auf 12,9 ($\pm 7,5$) Punkte im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss festgestellt. Die Unterschiede waren signifikant.
2. In den Dimensionen des SF-36-Health-Survey konnten sich die Patienten in allen körperlichen Subskalen vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss deutlich verbessern. Bei den Männern waren in den Subskalen Vitalität und psychisches Wohlbefinden die Unterschiede nicht signifikant. Bei den Frauen traf dies zusätzlich auf die Subskalen emotionale Rollenfunktion und allgemeine Gesundheit zu.

5.1.2 Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression

Die Rehabilitationsdauer nach der arthroskopischen subakromialen Dekompression umfasste bei den Männern durchschnittlich 33 Tage und bei den Frauen 29 Tage.

5.1.2.1 Isokinetische Kraftwerte und Schmerzscore

Männer

Während der postoperativen Rehabilitation stiegen bei den Männern die isokinetischen Kraftwerte für die Bewegungsformen Adduktion, Innen- und Außenrotation stetig an (Abb. 21). Es konnten deutliche Verbesserungen der konzentrischen und der exzentrischen Kraftwerte vom 1. zum 10. Tag und vom 10. zum letzten Behandlungstag der Rehabilitation nachgewiesen werden. Die Unterschiede waren signifikant.

Bei der Schmerzbeurteilung auf der visuellen Analogskala gaben die männlichen Patienten im Mittel eine Schmerzbewertung von **10,4** ($\pm 0,60$) Punkten über den gesamten Rehabilitationsverlauf an. Bei 15 Punkten wären die Patienten schmerzfrei.

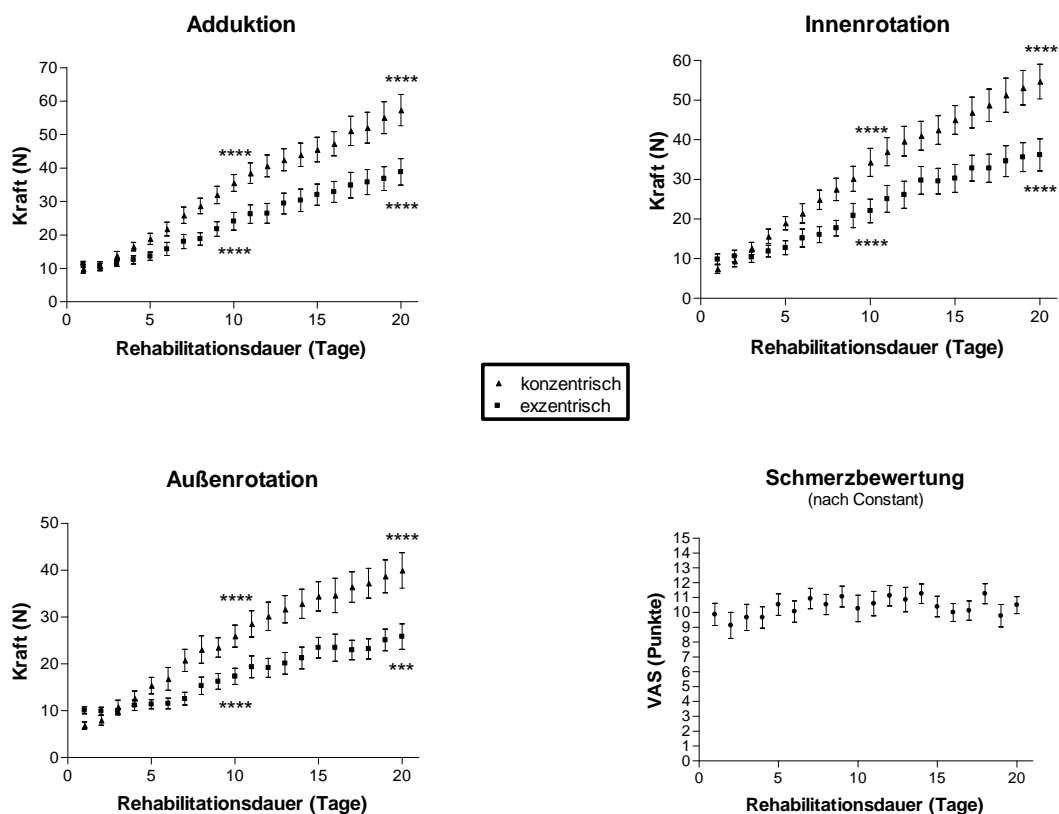


Abb. 21 Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der **männlichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen

Im Verlauf der Rehabilitationsmaßnahme wiesen die Frauen eine kontinuierliche Zunahme der isokinetischen konzentrischen und exzentrischen Kraftwerte auf (Abb. 22). Die Unterschiede zwischen 1. und 10., 10. und 20. Tag waren signifikant. Über den Therapiezeitraum gaben die weiblichen Patienten auf der visuellen Analogskala im Mittel geringe Schmerzen von **10,5 ($\pm 0,61$)** Punkten an, wobei 15 Punkte keinen Schmerz anzeigen würden.

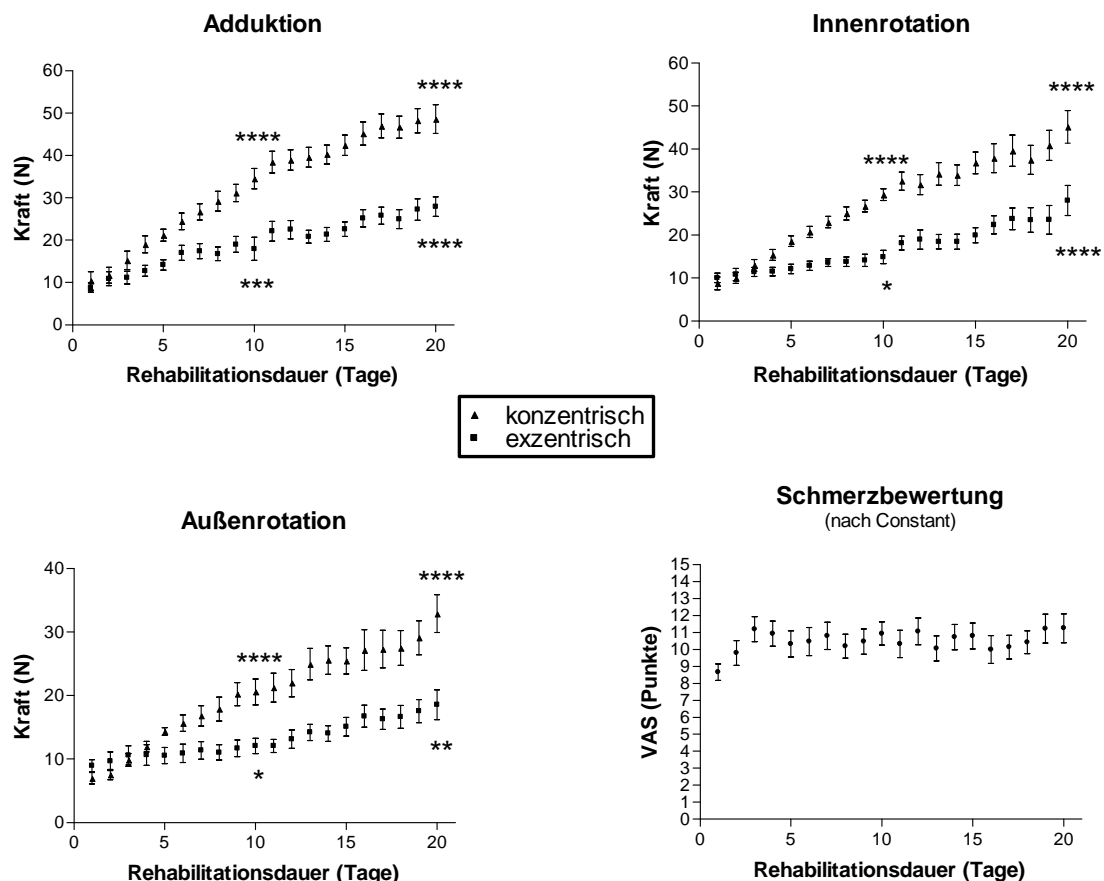


Abb. 22 Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der **weiblichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Männer und Frauen – Vergleich

Der Vergleich zwischen den Kraftwerten der Männer und Frauen an drei spezifischen Tagen der Rehabilitation ergab für die Übungen Adduktion, Innenrotation und Außenrotation bei der konzentrischen Komponente keine signifikanten Unterschiede, mit Ausnahme der Innenrotation am 20. Tag. Im Gegensatz dazu ließen sich zwischen den Kraftwerten der Männer und Frauen für die exzentrische Komponente signifikante Unterschiede an allen drei Reha-Tagen nachweisen. Ausgenommen davon waren die Kraftwerte der Innenrotation und Außenrotation am 1. Reha-Tag. Die höchsten Kraftwerte waren für die Bewegung Adduktion am 20. Tag sowohl für die Männer als auch die Frauen festzustellen. In Tabelle 16 sind die Ergebnisse dargestellt.

Tab. 16 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der operierten Seite bei **Männern** (n=15) und **Frauen** (n=15) mit arthroskopischer subakromialer Dekompression an drei Reha-Tagen für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	Reha-Tag	Männer	Frauen	Signifikanz	Bewegung	Reha-Tag	Männer	Frauen	Signifikanz
ADD konz	1	9,9 (±5,0)	10,4 (±8,4)	n.s.	ADD exz	1	11,3 (±3,3)	8,8 (±4,1)	*
	10	35,5 (±9,7)	34,5 (±9,3)	n.s.		10	24,1 (±10,2)	17,9 (±10,6)	*
	20	57,3 (±17,5)	48,6 (±11,7)	n.s.		20	38,9 (±14,7)	27,9 (±7,9)	*
IRO konz	1	7,5 (±4,5)	8,8 (±5,8)	n.s.	IRO exz	1	9,8 (±5,3)	10,0 (±4,3)	n.s.
	10	34,3 (±13,7)	29,4 (±5,3)	n.s.		10	22,1 (±11,6)	14,9 (±6,0)	*
	20	54,7 (±16,4)	45,2 (±13,2)	*		20	36,2 (±15,2)	28,0 (±12,2)	*
ARO konz	1	6,8 (±2,9)	7,0 (±3,4)	n.s.	ARO exz	1	10,1 (±2,9)	9,0 (±3,5)	n.s.
	10	26,0 (±9,1)	20,6 (±7,9)	n.s.		10	17,4 (±6,6)	12,1 (±4,7)	**
	20	40,0 (±14,2)	33,0 (±10,3)	n.s.		20	25,8 (±10,2)	18,6 (±8,1)	*

Männer – Vergleich der gesunden und operierten Seite

Bei den Männern konnten deutliche Verbesserungen der isokinetischen Kraft auf der gesunden und der operierten Seite vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss festgestellt werden. Die Unterschiede waren signifikant, mit Ausnahme der exzentrischen Kraftwerte der gesunden Seite für die Adduktion und Innenrotation. Zu Reha-Beginn bestanden deutliche Differenzen zwischen den isokinetischen Kraftwerten der operierten und gesunden Seite, die zwischen **54%** und **87%** für die einzelnen Bewegungen betrugen. Die Unterschiede waren signifikant. Zum Reha-Abschluss war auf der operierten Seite ein Kraftdefizit für die Außenrotation konzentrisch festzustellen. Für die Adduktion und Außenrotation exzentrisch konnten höhere Kraftwerte auf der operierten Seite nachgewiesen werden. Die Unterschiede waren signifikant. Die Ergebnisse sind in Tabelle 17 zusammengefasst.

Tab. 17 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **männlichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	62,1 (±19,1)	9,9 (±5,0)	84% (****)	ADD exz Reha-Beginn	40,6 (±17,5)	11,3 (±3,3)	72% (****)
ADD konz Reha-Abschluss	76,3 (±15,6)	72,7 (±19,8)	5% (n.s.)	ADD exz Reha-Abschluss	43,7 (±13,2)	47,9 (±11,8)	-10% (****)
Verbesserung RB/RA	23% (*)	634% (****)		Verbesserung RB/RA	8% (n.s.)	324% (****)	
IRO konz Reha-Beginn	56,9 (±17,2)	7,5 (±4,5)	87% (****)	IRO exz Reha-Beginn	38,0 (±20,0)	9,8 (±5,3)	74% (****)
IRO konz Reha-Abschluss	75,6 (±21,2)	70,8 (±19,1)	6% (n.s.)	IRO exz Reha-Abschluss	48,5 (±23,0)	48,8 (±16,9)	-1% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	33% (***)	844% (****)		Verbesserung RB/RA	28% (n.s.)	398% (****)	
ARO konz Reha-Beginn	35,8 (±13,1)	6,8 (±2,9)	81% (****)	ARO exz Reha-Beginn	21,9 (±7,7)	10,1 (±2,9)	54% (****)
ARO konz Reha-Abschluss	59,7 (±17,4)	52,9 (±15,1)	11% (*)	ARO exz Reha-Abschluss	33,2 (±13,5)	37,4 (±12,6)	-13% (****)
Verbesserung RB/RA	67% (****)	678% (****)		Verbesserung RB/RA	52% (***)	270% (****)	

Männer – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss)

Bei den Männern bestand nach 20 Rehabilitationstagen ein geringes Kraftdefizit für die Adduktion und Innenrotation auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite. Die Unterschiede waren nicht signifikant. Die isokinetische Kraft für die Außenrotation war auf der operierten Seite höher als auf der gesunden Seite. Der Unterschied war nicht signifikant. Zum Reha-Abschluss konnte bei den Männern auf der operierten Seite für alle Bewegungsübungen ein höheres Kraftniveau gegenüber der gesunden Seite zu Reha-Beginn nachgewiesen werden. Die Unterschiede waren signifikant, mit Ausnahme der Adduktion konzentrisch. Bei der Übung Außenrotation präsentierte sich das höhere Kraftniveau am deutlichsten. Der Unterschied betrug **48%** konzentrisch und **71%** exzentrisch. Die Resultate sind in Tabelle 18 zusammengefasst.

Tab. 18 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **männlichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	Reha-Beginn gesunde Seite	20. Reha-Tag operierte Seite	Diffe- renz	Reha-Beginn gesunde Seite	Reha-Abschluss operierte Seite	Diffe- renz
ADD konz	62,1 (±19,1)	57,3 (±17,5)	8% (n.s.)	62,1 (±19,1)	72,7 (±19,8)	-17% (n.s.)
ADD exz	40,6 (±17,5)	38,9 (±14,7)	4% (n.s.)	40,6 (±17,5)	47,9 (±11,8)	-18% (*)
IRO konz	56,9 (±17,2)	54,7 (±16,4)	4% (n.s.)	56,9 (±17,2)	70,8 (±19,1)	-24% (**)
IRO exz	38,0 (±20,0)	36,2 (±15,2)	5% (n.s.)	38,0 (±20,0)	48,8 (±16,9)	-28% (*)
ARO konz	35,8 (±13,1)	40,0 (±14,2)	-12% (n.s.)	35,8 (±13,1)	52,9 (±15,1)	-48% (****)
ARO exz	21,9 (±7,7)	25,8 (±10,2)	-18% (n.s.)	21,9 (±7,7)	37,4 (±12,6)	-71% (****)

Frauen – Vergleich der gesunden und operierten Seite

Zu Reha-Beginn bestanden bei den Frauen zwischen der gesunden und operierten Seite deutliche Differenzen der isokinetischen Kraftwerte. Diese betrugen **71%** bis **78%** bei den konzentrischen und **38%** bis **61%** bei den exzentrischen Kraftwerten auf der operierten Seite für die einzelnen Bewegungsübungen. Im Verlauf der Rehabilitation kam es zu deutlichen Verbesserungen der isokinetischen Kraft auf der gesunden und operierten Seite. Die Steigerungen der Kraftwerte lagen für die operierte Seite in einem Bereich von **354%** bis **468%** konzentrisch und **121%** bis **256 %** exzentrisch. Die Unterschiede zwischen Reha-

Beginn und Reha-Abschluss waren signifikant. Zum Reha-Abschluss war die Differenz der isokinetischen Kraft bei der Adduktion und Innenrotation ausgeglichen. Es war kein signifikanter Unterschied nachzuweisen. Für die Kraftwerte der Außenrotation konzentrisch traf dies nicht zu. In Tabelle 19 ist die Zusammenfassung der Ergebnisse.

Tab. 19 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **weiblichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	43,8 (±13,6)	10,4 (±8,4)	76% (****)	ADD exz Reha-Beginn	22,6 (±8,0)	8,8 (±4,1)	61% (****)
ADD konz Reha-Abschluss	52,6 (±11,4)	49,9 (±13,8)	5% (n.s.)	ADD exz Reha-Abschluss	28,4 (±8,3)	31,3 (±9,2)	-10% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	20% (**)	380% (****)		Verbesserung RB/RA	26% (**)	256% (****)	
IRO konz Reha-Beginn	39,5 (±12,9)	8,8 (±5,8)	78% (****)	IRO exz Reha-Beginn	22,7 (±6,6)	10,0 (±4,3)	56% (****)
IRO konz Reha-Abschluss	54,2 (±16,4)	50,0 (±20,1)	8% (n.s.)	IRO exz Reha-Abschluss	33,1 (±14,4)	31,7 (±13,9)	4% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	37% (**)	468% (****)		Verbesserung RB/RA	46% (*)	217% (****)	
ARO konz Reha-Beginn	23,8 (±8,9)	7,0 (±3,4)	71% (****)	ARO exz Reha-Beginn	14,6 (±4,8)	9,0 (±3,5)	38% (****)
ARO konz Reha-Abschluss	41,8 (±13,9)	31,8 (±10,1)	24% (**)	ARO exz Reha-Abschluss	21,9 (±8,8)	19,9 (±8,0)	9% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	76% (****)	354% (****)		Verbesserung RB/RA	50% (*)	121% (****)	

Frauen – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss)

Am 20. Behandlungstag der Therapie wiesen die Frauen bei allen Bewegungsübungen auf der operierten Seite deutlich höhere Kraftwerte gegenüber der gesunden Seite zu Reha-Beginn auf. Für die Übung Außenrotation war der Unterschied signifikant. Zum Abschluss der Therapie präsentierten sich diese Resultate noch deutlicher. Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Kraftwerten, mit Ausnahme der Bewegungen Adduktion und Innenrotation konzentrisch. Die Ergebnisse werden in Tabelle 20 zusammengefasst.

Tab. 20 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **weiblichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	Reha-Beginn gesunde Seite	20. Reha-Tag operierte Seite	Diffe- renz	Reha-Beginn gesunde Seite	Reha-Abschluss operierte Seite	Diffe- renz
ADD konz	43,8 (±13,6)	48,6 (±11,7)	-11% (n.s.)	43,8 (±13,6)	49,9 (±13,8)	-14% (n.s.)
ADD exz	22,6 (±8,0)	27,9 (±7,9)	-23% (n.s.)	22,6 (±8,0)	31,3 (±9,2)	-38% (**)
IRO konz	39,5 (±12,9)	45,2 (±13,2)	-14% (n.s.)	39,5 (±12,9)	50,0 (±20,1)	-27% (n.s.)
IRO exz	22,7 (±6,6)	28,0 (±12,2)	-23% (n.s.)	22,7 (±6,6)	31,7 (±13,9)	-40% (*)
ARO konz	23,8 (±8,9)	33,0 (±10,3)	-39% (*)	23,8 (±8,9)	31,8 (±10,1)	-34% (**)
ARO exz	14,6 (±4,8)	18,6 (±8,1)	-27% (**)	14,6 (±4,8)	19,9 (±8,0)	-36% (*)

Zusammenfassung:

1. Im Rehabilitationsverlauf konnte bei den Männern und Frauen mit arthroskopischer subakromialer Dekompression eine deutliche Verbesserung der isokinetischen Kraft auf der operierten Seite nachgewiesen werden. Die Unterschiede waren signifikant.
2. Nach 20 Tagen Rehabilitation waren höhere isokinetische Kraftwerte auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite bei allen Übungen der Frauen und bei der Außenrotation der Männer festzustellen. Der Unterschied zwischen den Kraftwerten der Frauen für die Außenrotation war signifikant.
3. Die Steigerungen der isokinetischen Kraft vom 1.Tag bis zum 20. Tag für die Adduktion, Innenrotation, Außenrotation betrugen:
 - Männer: konzentrisch: 481%, 633%, 484%; exzentrisch: 245%, 268%, 156%
 - Frauen: konzentrisch: 366%, 416%, 371%; exzentrisch: 216%, 180%, 107%
4. Der prozentuale Unterschied der isokinetischen Kraft zwischen der gesunden Seite zu Reha-Beginn (entsprach 100%) und der operierten Seite zum Reha-Abschluss betrug für die Adduktion, Innenrotation, Außenrotation: (die negativen Werte weisen auf eine größere Kraft der operierten Seite hin)
 - Männer: konzentrisch: -17%, -24%, -48%; exzentrisch: -18%, -28%, -71%
 - Frauen: konzentrisch: -14%, -27%, -34%; exzentrisch: -38%, -40%, -36%
5. Die isokinetischen Kraftwerte wurden über den Rehabilitationsverlauf unter einem geringen Schmerzniveau erreicht:
 - Männer: 10,4 (±0,60) Punkte
 - Frauen: 10,5 (±0,61) Punkte

5.1.2.2 Referenzwerte für die isokinetische Kraftentwicklung

Für die Ermittlung der Regressionslinien und Regressionsgleichungen wurden die erhobenen Daten der isokinetischen Kraft zugrunde gelegt.

Die erstellten Regressionsgraphiken für Männer und Frauen (Abb. 23 und Abb. 24) können als Referenzwerte für schädigungsfrei erreichbare Steigerungsraten der isokinetischen Kraft innerhalb eines definierten Rehabilitationsprogramms für Patienten mit ASD angesehen werden. Dabei ergaben sich die Regressionslinien aus den Mittelwerten der konzentrischen und exzentrischen Kraft, welche an jedem Therapietag für jede Bewegungsform ermittelt wurde.

Über den Rehabilitationszeitraum von 20 Therapietagen präsentieren die Regressionslinien der Männer und Frauen mit arthroskopisch subakromialer Dekompression bei der Adduktion, Innenrotation und Außenrotation stetige Anstiege. Die konzentrischen Regressionslinien weisen einen steileren Anstieg auf als die exzentrischen Regressionslinien.

Isokinetische Referenzwerte **Arthroskopische subakromiale Dekompression** **– Männer –**

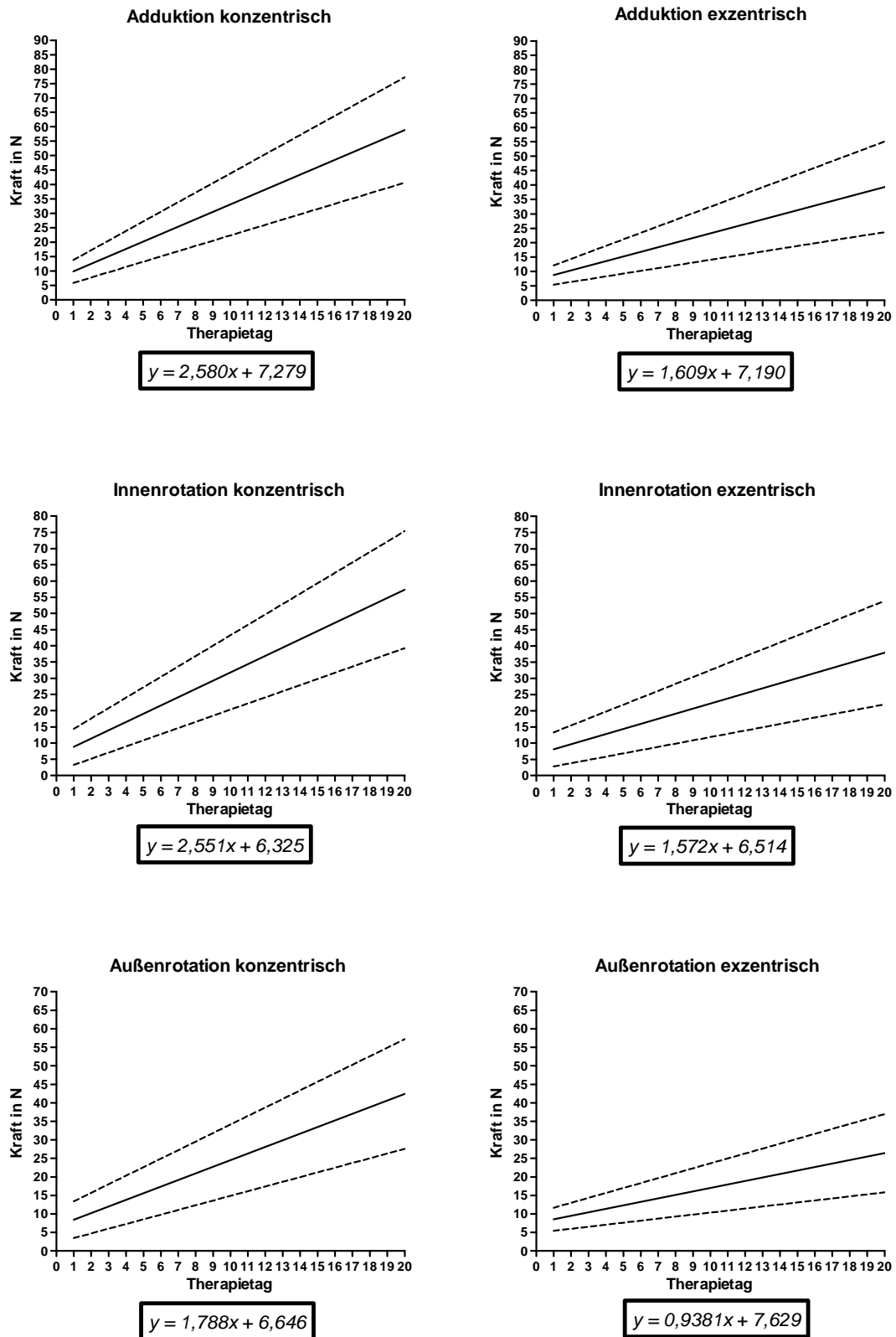


Abb. 23 Referenzwerte der isokinetischen Kraft der **Männer** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung.

— Regressionsgerade
 -- Standardabweichung

Isokinetische Referenzwerte **Arthroskopische subakromiale Dekompression** **– Frauen –**

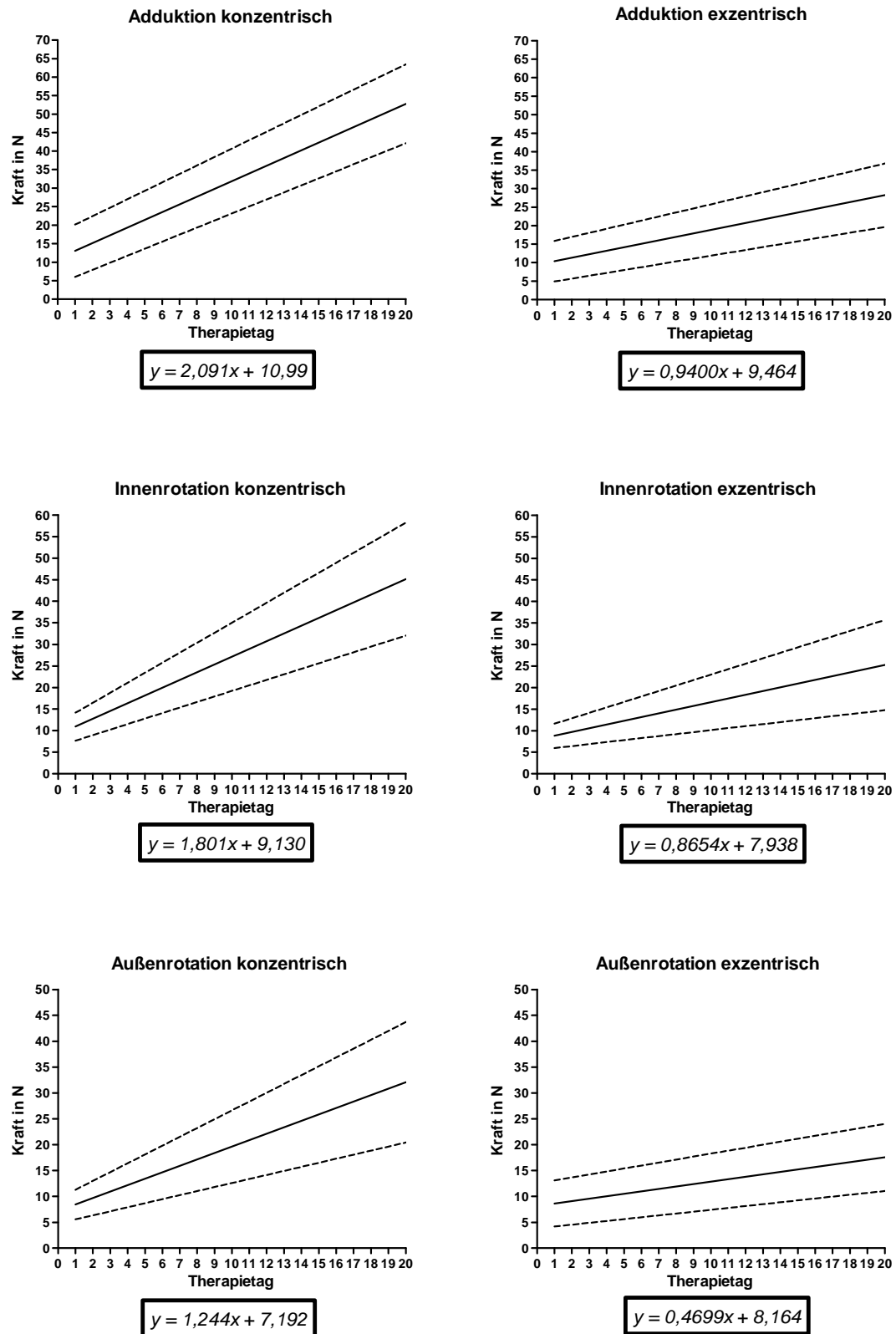


Abb. 24 Referenzwerte der isokinetischen Kraft der **Frauen** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung.

— Regressionsgerade
 - - Standardabweichung

Zusammenfassung:

1. Für die postoperative isokinetische Kraftentwicklung über 20 Rehabilitationstage für Männer und Frauen mit arthroskopisch subakromialer Dekompression wurden Referenzwerte erstellt.
2. Die Regressionsgeraden der isokinetischen Kraft und der Standardabweichung wurden übungsabhängig jeweils konzentrisch und exzentrisch dargestellt.
3. Mit der Benutzung der Grafiken und Funktionsgleichungen ist die Berechnung bzw. die Ablesung des konzentrischen und exzentrischen Kraftwertes für jeden Therapietag durchzuführen.

5.1.2.3 Isokinetische Arbeitswerte***Männer – Vergleich der gesunden und operierten Seite***

Für die Gegenüberstellungen zwischen gesunder und operierter Seite entsprach der Arbeitswert der gesunden Seite zu Reha-Beginn 100%. Prozentsätze mit negativem Vorzeichen weisen auf einen höheren isokinetischen Arbeitswert auf der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite hin.

Zu Reha-Beginn lagen bei den Männern zwischen den isokinetischen Arbeitswerten der gesunden und operierten Seite sichtbare Differenzen vor. Bei den konzentrischen Arbeitswerten waren Differenzen von **83%** bis **88%** und den exzentrischen Arbeitswerten von **59%** bis **77%** nachzuweisen. Die Unterschiede waren signifikant. Zum Reha-Abschluss war für die Männer zwischen operierter und gesunder Seite ein annähernder Ausgleich festzustellen. Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen den isokinetischen Arbeitswerten der konzentrischen Außenrotation und der exzentrischen Adduktion. Bei den exzentrischen Arbeitswerten ließen sich höhere Arbeitswerte auf der operierten Seite im Vergleich zur Gegenseite feststellen. Vom ersten bis zum letzten Tag der Rehabilitation betrugen die Steigerungen der isokinetischen Arbeit auf der operierten Seite konzentrisch zwischen **670%** und **882%** und exzentrisch zwischen **275%** und **421%** für die Bewegungsübungen. Die Unterschiede zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss der isokinetischen Arbeit auf der operierten Seite waren signifikant. Bei den Männern ergaben sich ebenfalls Verbesserungen der isokinetischen Arbeitswerte für die gesunde Seite. Es wurden signifikante Unterschiede, mit Ausnahme der Adduktion und Innenrotation exzentrisch, festgestellt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 21 zusammengefasst.

Tab. 21 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) der Rehabilitationsmaßnahme für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **männlichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	29,2 (±11,2)	4,3 (±2,1)	85% (****)	ADD exz Reha-Beginn	19,4 (±9,1)	5,1 (±1,7)	74% (****)
ADD konz Reha-Abschluss	35,3 (±7,6)	33,1 (±6,8)	6% (n.s.)	ADD exz Reha-Abschluss	19,6 (±6,7)	21,9 (±5,9)	-12% (**)
Verbesserung RB/RA	21% (*)	670% (****)		Verbesserung RB/RA	1% (n.s.)	329% (****)	
IRO konz Reha-Beginn	18,3 (±6,0)	2,2 (±1,1)	88% (****)	IRO exz Reha-Beginn	12,7 (±6,2)	2,9 (±1,1)	77% (****)
IRO konz Reha-Abschluss	23,1 (±6,4)	21,6 (±6,3)	6% (n.s.)	IRO exz Reha-Abschluss	13,9 (±5,2)	15,1 (±6,0)	-9% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	26% (***)	882% (****)		Verbesserung RB/RA	9% (n.s.)	421% (****)	
ARO konz Reha-Beginn	10,9 (±4,4)	1,8 (±0,8)	83% (****)	ARO exz Reha-Beginn	6,8 (±2,6)	2,8 (±0,7)	59% (****)
ARO konz Reha-Abschluss	18,7 (±6,1)	14,9 (±4,7)	20% (***)	ARO exz Reha-Abschluss	9,9 (±4,1)	10,5 (±4,2)	-6% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	72% (****)	728% (****)		Verbesserung RB/RA	46% (***)	275% (****)	

Frauen – Vergleich der gesunden und operierten Seite

Bei den Frauen zeigten sich zu Reha-Beginn bei den isokinetischen Arbeitswerten der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite enorme Differenzen. Diese lagen konzentrisch zwischen **73%** und **80%** und exzentrisch zwischen **42%** und **63%**. Es waren signifikante Unterschiede nachzuweisen. Im Verlauf der Rehabilitation konnten die Frauen innerhalb aller Bewegungsformen die isokinetische Arbeit bedeutend verbessern, so dass zum Reha-Abschluss zwischen der gesunden Seite und operierten Seite ein annähernder Ausgleich festzustellen war. Die Unterschiede waren, mit Ausnahme der Adduktion exzentrisch, nicht signifikant. Für die Adduktion exzentrisch war ein höherer Arbeitswert auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite nachzuweisen. Die Steigerungen der isokinetischen Arbeit für die operierte Seite im Therapieverlauf betrugen bei den Frauen konzentrisch **467%** bis **557%** und exzentrisch **196%** bis **303%** in Abhängigkeit der zugrunde liegenden Bewegungsform. Die Unterschiede zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss waren signifikant. Betreffs der gesunden Seite konnten die Frauen ebenfalls deutliche Verbesserungen der isokinetischen konzentrischen und exzentrischen Arbeitswerte vorweisen. Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen den jeweiligen Arbeitswerten bei dieser Gegenüberstellung. Alle Resultate sind in Tabelle 22 dargestellt.

Tab. 22 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **weiblichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	17,4 (±4,9)	3,4 (±3,1)	80% (****)	ADD exz Reha-Beginn	8,6 (±3,4)	3,2 (±1,8)	63% (****)
ADD konz Reha-Abschluss	20,7 (±4,7)	20,2 (±5,2)	2% (n.s.)	ADD exz Reha-Abschluss	11,5 (±4,0)	12,9 (±3,9)	-12% (*)
Verbesserung RB/RA	19% (*)	494% (****)		Verbesserung RB/RA	34% (***)	303% (****)	
IRO konz Reha-Beginn	11,7 (±4,1)	2,3 (±1,4)	80% (****)	IRO exz Reha-Beginn	6,4 (±2,4)	2,5 (±0,9)	61% (****)
IRO konz Reha-Abschluss	15,4 (±4,3)	15,1 (±4,4)	2% (n.s.)	IRO exz Reha-Abschluss	9,6 (±3,9)	10,0 (±3,7)	-4% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	32% (*)	557% (*)		Verbesserung RB/RA	50% (***)	300% (****)	
ARO konz Reha-Beginn	6,6 (±2,3)	1,8 (±1,0)	73% (****)	ARO exz Reha-Beginn	4,0 (±1,1)	2,3 (±0,5)	42% (****)
ARO konz Reha-Abschluss	11,5 (±4,0)	10,2 (±3,5)	11% (n.s.)	ARO exz Reha-Abschluss	6,0 (±2,6)	6,8 (±3,4)	-13% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	74% (****)	467% (****)		Verbesserung RB/RA	50% (*)	196% (****)	

Zusammenfassung:

1. Vom Reha-Beginn bis zum Reha-Abschluss konnten bei den Männern und Frauen mit arthroskopischer subakromialer Dekompression deutliche Verbesserungen der isokinetischen Arbeit auf der operierten Seite nachgewiesen werden. Die Unterschiede waren signifikant.
2. Der Vergleich von operierter und gesunder Seite zeigte zum Reha-Abschluss bei den Männern einen signifikanten Unterschied der isokinetischen Arbeitswerte der Außenrotation konzentrisch und bei den Frauen der Adduktion exzentrisch.
3. Es wurden Steigerungen der isokinetischen Arbeit auf der operierten Seite vom Reha-Beginn bis zum Reha-Abschluss für die Adduktion, Innenrotation, Außenrotation erreicht um:
 - Männer: konzentrisch: 670%, 882%, 728%; exzentrisch: 329%, 421%, 275%
 - Frauen: konzentrisch: 494%, 557%, 467%; exzentrisch: 303%, 300%, 196%
4. Der prozentuale Unterschied zwischen der isokinetischen Arbeit der gesunden Seite (entsprach 100%) und der operierten Seite zum Reha-Abschluss betrug für die Adduktion, Innenrotation, Außenrotation: (die negativen Werte weisen auf eine größere Arbeit der operierten Seite hin)
 - Männer: konzentrisch: 6%, 6%, 20%; exzentrisch: -12%, -9%, -6%
 - Frauen: konzentrisch: 2%, 2%, 11%; exzentrisch: -12%, -4%, -13%

5.1.2.4 Aktive Schulterbeweglichkeit

Männer – Vergleich der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn

Die männlichen Patienten wiesen zu Reha-Beginn auf der operierten Seite eine deutliche Einschränkung der Beweglichkeit auf (Abb. 25). Zwischen den Werten der gesunden und operierten Seite bestanden, mit Ausnahme der Innenrotation, signifikante Unterschiede. Für die Beweglichkeit der gesunden Seite ließen sich ebenfalls Einschränkungen feststellen. Bei der Anteversion ergaben sich Messwerte von **151°** und bei der Abduktion von **145°**.

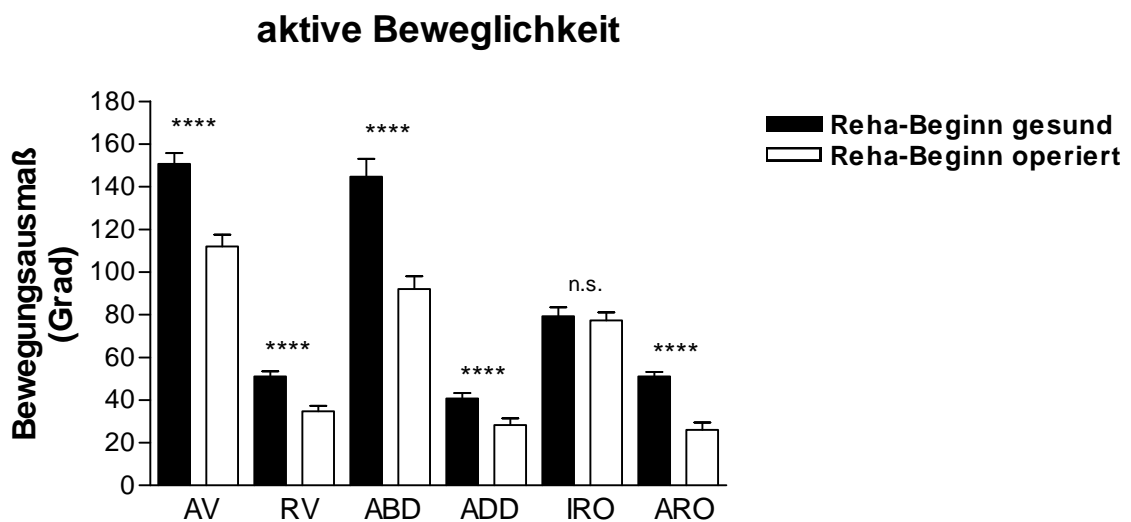


Abb. 25 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und der operierten Seite zu Reha-Beginn bei den **männlichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Männer – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss

Zum Reha-Abschluss ließ sich eine deutliche Verbesserung der Werte auf der operierten Seite feststellen (Abb. 26). Es bestanden zwischen den Werten der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den Bewegungen Anteversion, Abduktion, Innen- und Außenrotation keine signifikanten Unterschiede. Bei den Bewegungen Anteversion und Abduktion konnten zum Reha-Abschluss auf der operierten Seite höhere Werte als auf der gesunden Seite zu Reha-Beginn gemessen werden.

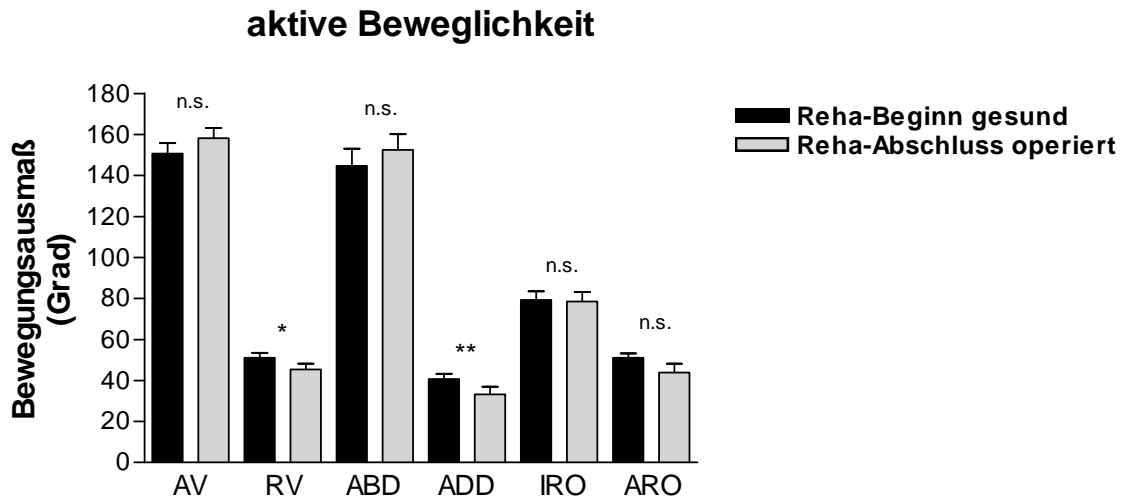


Abb. 26 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den **männlichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Männer – Vergleich der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss

Die aktive Beweglichkeit der Männer auf der operierten Seite zeigte deutliche Verbesserungen vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss für die Anteversion von $112^\circ (\pm 21,5)$ auf $158^\circ (\pm 18,4)$, für die Abduktion von $92^\circ (\pm 23,6)$ auf $153^\circ (\pm 28,3)$, für die Außenrotation von $26^\circ (\pm 13,7)$ auf $44^\circ (\pm 16,0)$ und für die Retroversion von $35^\circ (\pm 10,3)$ auf $45^\circ (\pm 10,5)$ (Abb. 27). Es waren signifikante Unterschiede nachzuweisen. Bei der Adduktion und Innenrotation waren geringfügige Verbesserungen festzustellen. Die Unterschiede waren nicht signifikant.

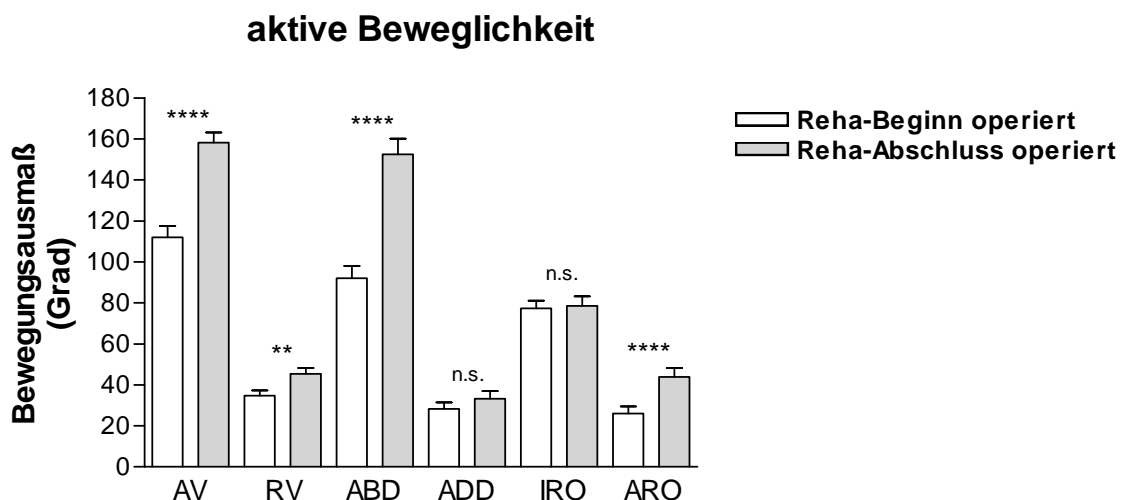


Abb. 27 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den **männlichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen – Vergleich der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn

Bei der aktiven Beweglichkeit wiesen die Frauen zu Reha-Beginn auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite deutliche Einschränkungen bei der Anteversion, Retroversion, Abduktion, Adduktion und Außenrotation auf (Abb. 28). Die Unterschiede waren signifikant. Bei der Innenrotation war bei diesem Vergleich kein signifikanter Unterschied festzustellen. Ebenfalls ergaben die gemessenen Werte auf der gesunden Seite Einschränkungen bei fast allen Bewegungen. Die Anteversion von 157° und die Abduktion von 155° entsprachen nicht den Normalwerten für diese Bewegungen.

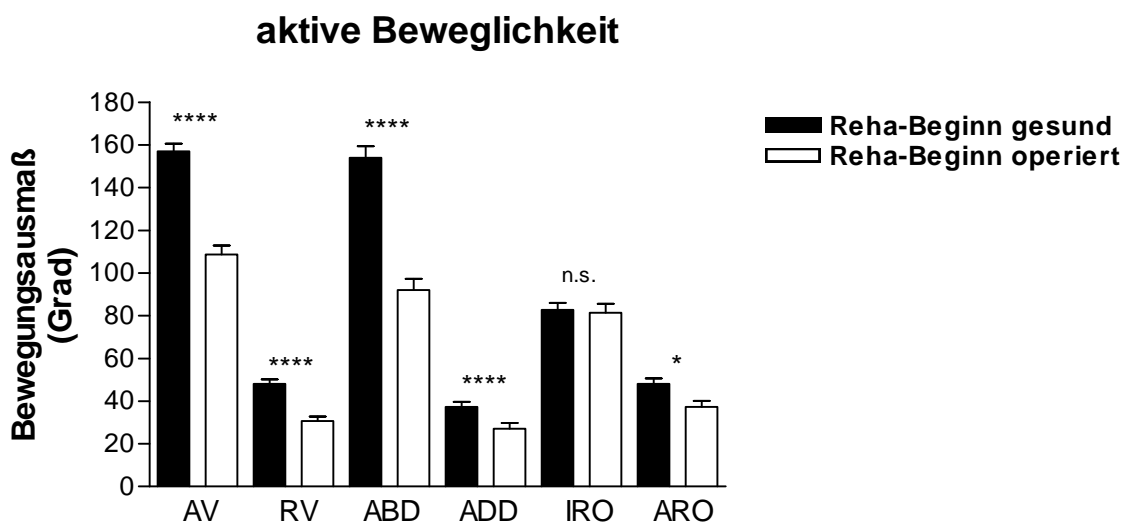


Abb. 28 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn bei den **weiblichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD- Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss

Die Frauen konnten die aktive Beweglichkeit auf der operierten Seite auffällig verbessern (Abb. 29). Bei allen Bewegungen, mit Ausnahme der Adduktion, waren keine signifikanten Unterschiede der Messwerte zwischen der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss festzustellen. Für die Anteversion, Abduktion, Innenrotation und Außenrotation wurden bei diesem Vergleich auf der operierten Seite höhere Werte zum Reha-Abschluss als auf der gesunden Seite gemessen.

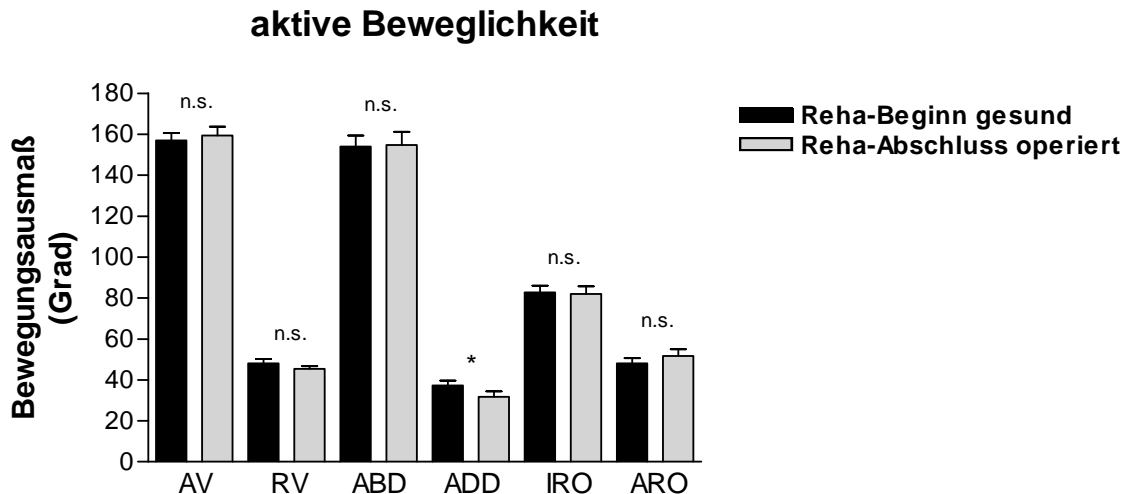


Abb. 29 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den **weiblichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen – Vergleich der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss

Die Frauen erreichten in der aktiven Beweglichkeit auf der operierten Seite erhebliche Verbesserungen bei den Bewegungen Anteversion, Retroversion, Abduktion und Außenrotation (Abb. 30). Zwischen den Messwerten vom Reha-Beginn und Reha-Abschluss waren die Unterschiede signifikant. Das Bewegungsausmaß konnte für die Anteversion von 109° ($\pm 16,5$) auf 159° ($\pm 17,4$), die Retroversion von 31° ($\pm 8,4$) auf 45° ($\pm 5,2$), die Abduktion von 92° ($\pm 20,7$) auf 155° ($\pm 25,3$) und die Außenrotation von 37° ($\pm 11,2$) auf 52° ($\pm 13,0$) vergrößert werden. Bei der Adduktion und Innenrotation waren geringfügige Verbesserungen festzustellen. Es war kein signifikanter Unterschied bei diesen Vergleichen nachzuweisen.

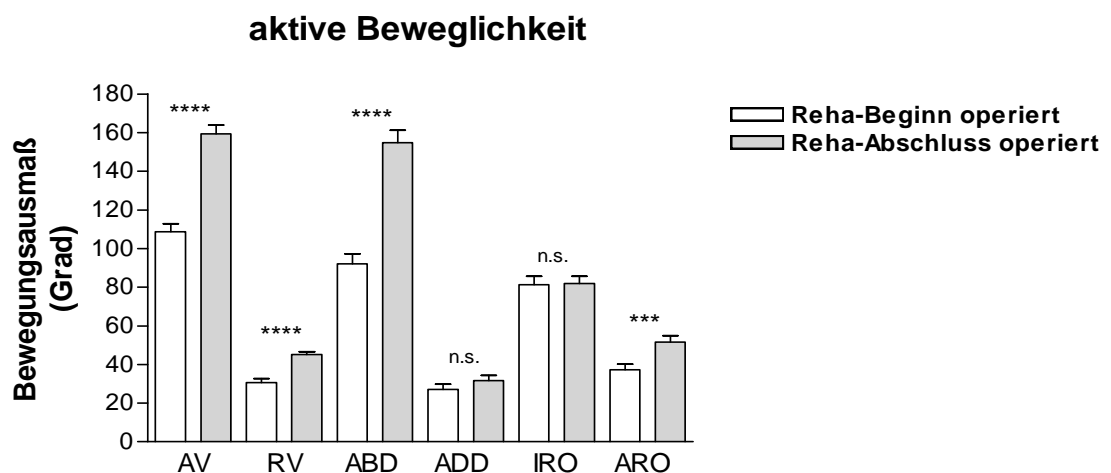


Abb. 30 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den **weiblichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Zusammenfassung:

1. Für die Männer und Frauen mit arthroskopischer subakromialer Dekompression ließen sich auf der operierten Seite erhebliche Verbesserungen der aktiven Beweglichkeit vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss feststellen. Bei der Anteversion, Retroversion, Abduktion und Außenrotation waren die Unterschiede signifikant.
2. Zum Reha-Abschluss wiesen die Patienten Einschränkungen auf der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Gegenseite auf. Bei den Frauen traf dies für die Adduktion und bei den Männern zusätzlich für die Retroversion zu. Für die Anteversion und Abduktion bei den Männern und zusätzlich für die Außenrotation der Frauen konnte eine bessere Beweglichkeit auf der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite erreicht werden.
3. Die Differenz für Anteversion/ Retroversion/ Abduktion/ Adduktion/ Innenrotation/ Außenrotation betrug: (die negativen Werte weisen auf eine bessere Beweglichkeit der operierten Seite hin)
 - Männer: -8°/ 6°/ -8°/ 7°/ 1°/ 7°
 - Frauen: -2°/ 3°/ -1°/ 6°/ 1°/ -4°

5.1.2.5 Fragebögen DASH und SF-36-Health-Survey***Männer – DASH***

Zu Reha-Beginn ergab sich für die männlichen Patienten im Mittel ein DASH-Score von **34,1** ($\pm 15,2$) Punkten. Dieser verringerte sich zum Reha-Abschluss auf einen Punktwert von im Mittel **14,4** ($\pm 11,0$) Punkte. Der Unterschied war signifikant. Damit konnten die Männer zum Reha-Abschluss im Gegensatz zu Reha-Beginn die Alltagsaktivitäten besser durchführen. Die Abbildung 31 zeigt den Vergleich. Ein Punktwert von 0 entspricht einer optimalen Funktion, ein Punktwert von 100 einer maximalen Behinderung.

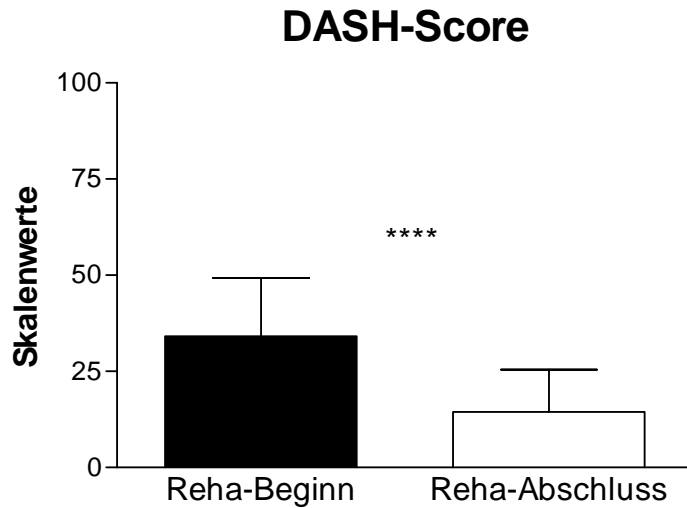


Abb. 31 Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den **männlichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Frauen – DASH

Die Frauen wiesen zu Reha-Beginn einen Punktwert von **38,5** ($\pm 18,3$) auf. Im Verlauf der Rehabilitation kam es zu einer Verbesserung, so dass zum Reha-Abschluss **15,2** ($\pm 12,5$) Punkte gemessen werden konnten. Der Unterschied war signifikant und bedeutet eine Verbesserung hinsichtlich der Ausübung von Aktivitäten des täglichen Lebens (Abb. 32).

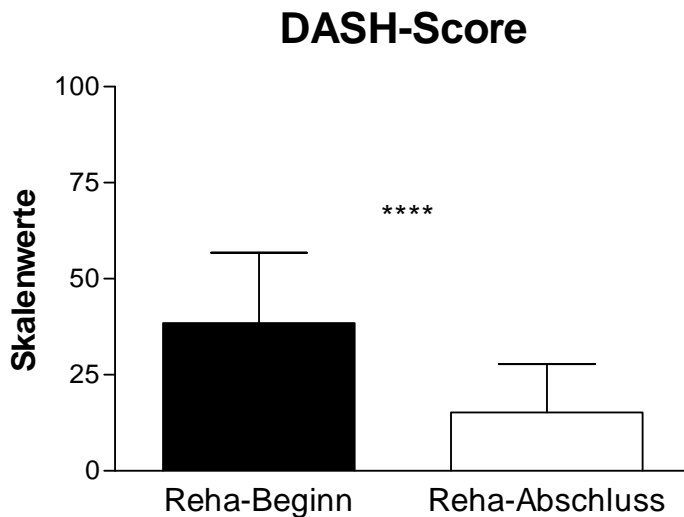


Abb. 32 Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den **weiblichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Männer – SF-36

Zu Reha-Beginn wiesen die Männer gegenüber der Normpopulation vorrangig in den körperlichen Subskalen geringere Punktwerte auf (Abb. 33). Die Männer präsentierten zum Reha-Abschluss im Vergleich zum Reha-Beginn eine deutliche Verbesserung bei diesen Dimensionen. Die Unterschiede waren signifikant. Hingegen ließen die Punktwerte der Skalen Vitalität (V), soziale Funktionsfähigkeit (SF), emotionale Rollenfunktion (ER) sowie psychisches Wohlbefinden (PW) keine wesentlichen Änderungen im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss feststellen. Die Unterschiede waren nicht signifikant. In allen Kategorien, mit Ausnahme der Skalen körperliche Rollenfunktion (KR) und körperliche Schmerzen (KS), erreichten die Männer zum Reha-Abschluss höhere Werte als die altersspezifische Normpopulation.

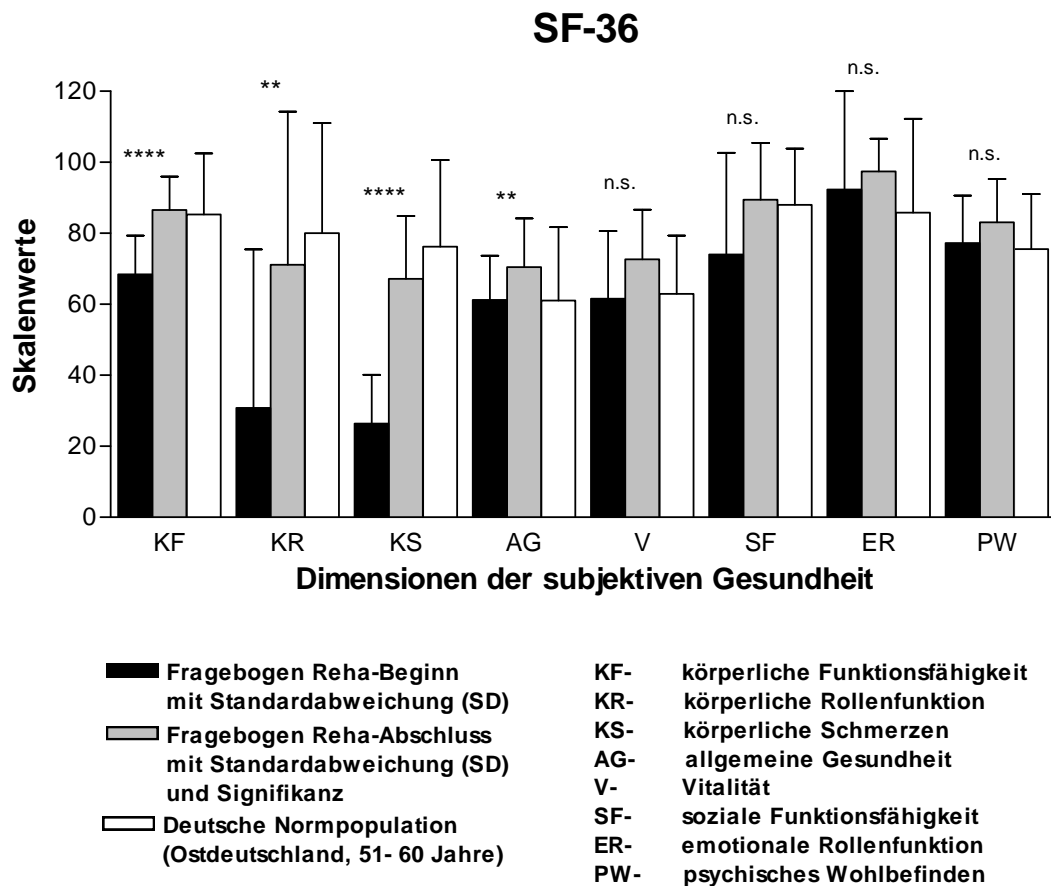


Abb. 33 Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den **männlichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Frauen – SF-36

Am Anfang der Therapie wiesen die Frauen deutlich geringere Punktwerte gegenüber der Normpopulation auf (Abb. 34). Die Frauen konnten bei allen Kategorien, mit Ausnahme der emotionalen Rollenfunktion (ER), bedeutende Verbesserungen der Punktwerte in Gegenüberstellung vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss erzielen. Die Unterschiede waren signifikant. Im Vergleich zur alters- und geschlechtsspezifischen Normgruppe war zum Reha-Abschluss ein annähernder Ausgleich zwischen den Werten in den Skalen der körperlichen Funktionsfähigkeit (KF), allgemeinen Gesundheit (AG), sozialen Funktionsfähigkeit (SF) und emotionalen Rollenfunktion (ER) zu konstatieren. Ein höherer Skalenwert gegenüber der Normgruppe lag bei den Frauen zum Reha-Abschluss in der Dimension des psychischen Wohlbefindens (PW) vor.

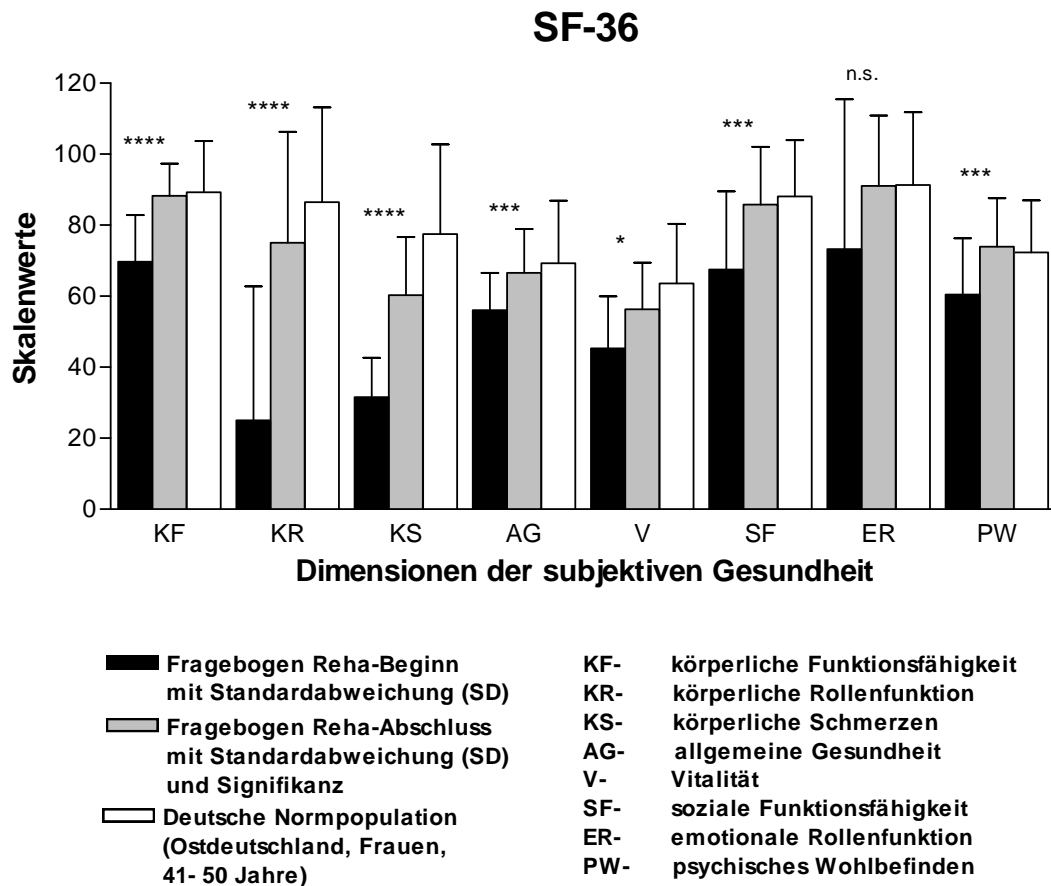


Abb. 34 Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den **weiblichen Patienten** mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Zusammenfassung:

1. Innerhalb des DASH-Scores konnte eine deutliche Verbesserung der Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression festgestellt werden. Im Vergleich von Reha-Beginn und Reha-Abschluss reduzierte sich der Punktwert bei den Männern von 34,1 ($\pm 15,2$) auf 14,4 ($\pm 11,0$) Punkte und bei den Frauen von 38,5 ($\pm 18,3$) auf 15,2 ($\pm 12,5$) Punkte. Die Unterschiede waren signifikant.
2. In den Dimensionen des SF-36-Health-Survey wiesen die Patienten in allen Subskalen vom Reha-Beginn bis zum Reha-Abschluss eine Verbesserung auf. Bei den Männern waren in den Skalen der Vitalität, sozialen Funktionsfähigkeit und des psychischen Wohlbefindens und bei den Frauen in der Skala emotionale Rollenfunktion keine signifikanten Unterschiede festzustellen. In fast allen Dimensionen erreichten die männlichen Patienten zum Reha-Abschluss höhere Werte als die alters- und geschlechtsspezifische Normpopulation. Bei den Frauen traf dies ausschließlich auf das Item des psychischen Wohlbefindens zu.

5.1.3 Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion

Nach der offenen Rekonstruktion des Defektes betrug für die Männer die Therapiedauer durchschnittlich 37 und für die Frauen 38 Tage.

5.1.3.1 Isokinetische Kraftwerte und Schmerzscore

Männer

Über den Zeitraum der postoperativen Rehabilitation erreichten die männlichen Patienten deutliche Steigerungen der isokinetischen Kraftwerte für die Bewegungsformen Adduktion, Innen- und Außenrotation (Abb. 35). Es waren signifikante Unterschiede zwischen den konzentrischen und exzentrischen Kraftwerten für die Adduktion und Innenrotation im Vergleich vom 1. zum 10. Tag und vom 10. zum 20. Tag festzustellen. Die Übung Außenrotation wurde entsprechend der Vorgaben des Operateurs erst ab der 8. postoperativen Woche in das Programm integriert. Daraufhin begannen die männlichen Patienten im Mittel nach 8 Rehabilitationstagen mit der Außenrotation. Im Verlauf der Rehabilitation konnten die Männer die Kraftwerte bei dieser Übung kontinuierlich steigern. Zu den aus-

gewählten Zeitpunkten waren zwischen den Kraftwerten signifikante Unterschiede nachzuweisen.

Auf der visuellen Analogskala bewerteten die Patienten die Schmerzen über den gesamten Rehabilitationsverlauf im Mittel als gering. Durchschnittlich wurden **11,2 ($\pm 0,49$)** Punkte angegeben. Ein Punktwert von 15 würde Schmerzfreiheit anzeigen.

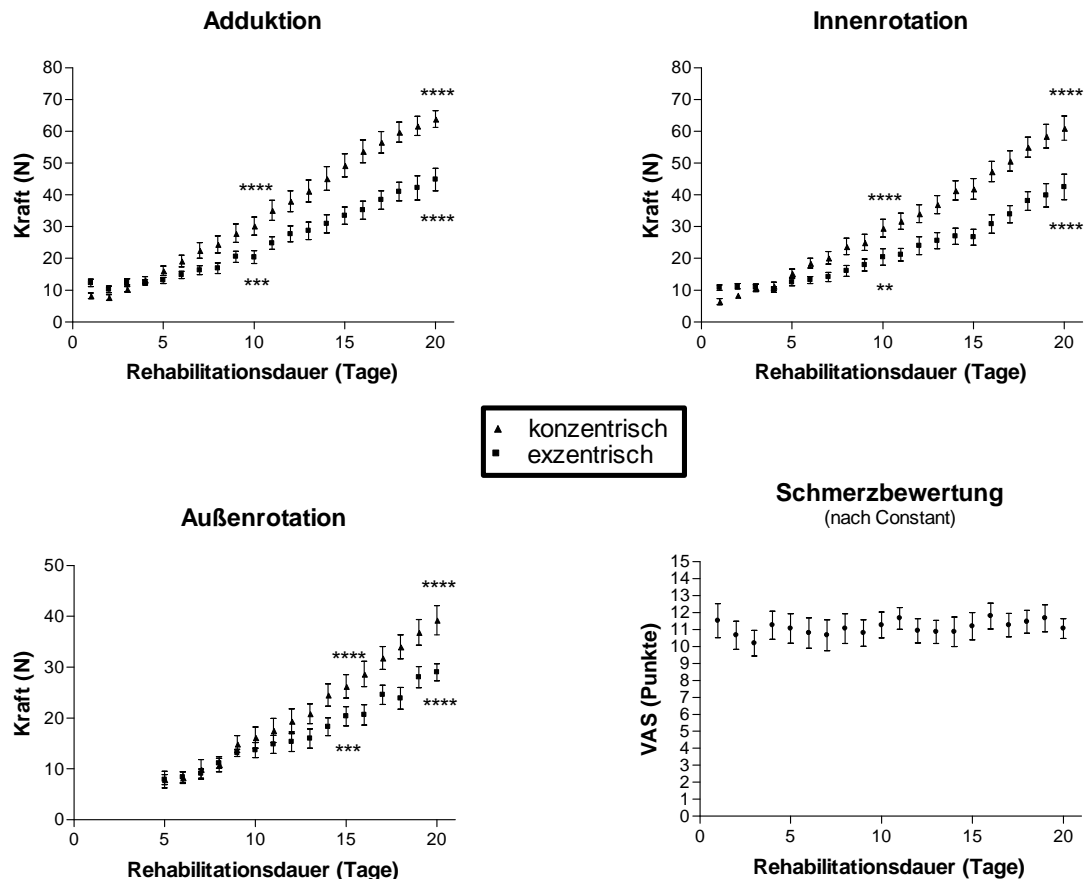


Abb. 35 Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der **männlichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen

Während der Rehabilitation konnten die Frauen die isokinetischen Kraftwerte, konzentrischer und exzentrischer Art, bei der Adduktion und Innenrotation kontinuierlich steigern (Abb. 36). Das zeigte sich in den signifikanten Unterschieden zwischen 1. und 10. und zwischen 10. und 20. Tag. In Analogie zu den Männern begannen die Frauen mit der Außenrotation erst 8 Wochen postoperativ. Nach durchschnittlich 11 Tagen der Rehabilitation trainierten die Frauen die Außenrotation. Bei dieser Übung konnten die Frauen die konzentrische und exzentrische Kraft stetig steigern. Es war kein signifikanter Unterschied bei der exzentrischen Kraft zwischen dem 15. und 20. Tag festzustellen.

Die Schmerzbewertung der weiblichen Patienten auf der visuellen Analogskala ergab über den Verlauf der Therapie eine geringe Schmerzstärke. Im Mittel beurteilten die Frauen den Schmerz mit **10,8** ($\pm 0,62$) Punkten, wobei 15 Punkte keinen Schmerz charakterisieren.

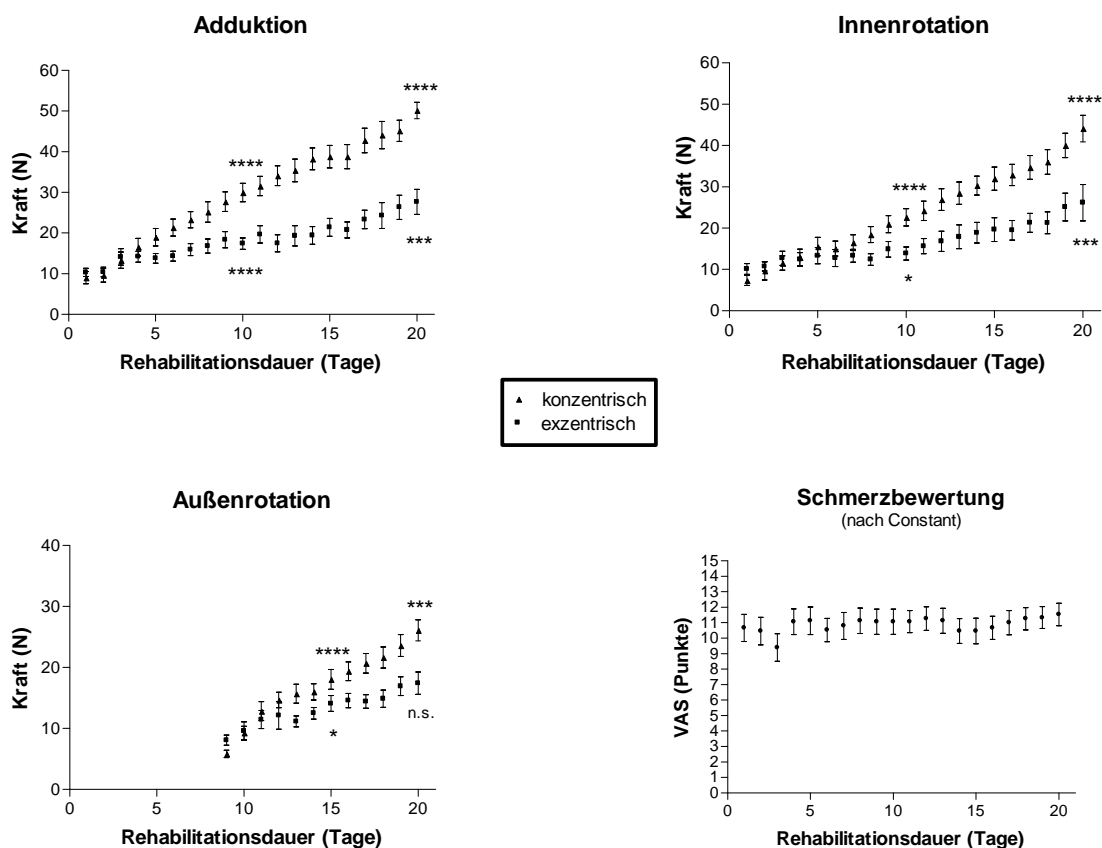


Abb. 36 Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der **weiblichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Männer und Frauen – Vergleich

Am 1. Tag der Therapie wiesen die Männer und Frauen ein etwa gleiches Ausgangsniveau bei den isokinetischen Kraftwerten der operierten Seite auf (Tab. 23). Ausnahmslos für die Innenrotation exzentrisch ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Kraftwerten der Männer und Frauen am 10. Reha-Tag. Die Männer konnten am 20. Tag der Rehabilitation bei der Adduktion und Innenrotation höhere konzentrische und exzentrische Kraftwerte mit der operierten Seite erreichen als die Frauen. Die Unterschiede waren signifikant. Eine Gegenüberstellung der Kraftwerte der Außenrotation erfolgte nicht, da beide Gruppen innerhalb der Therapie mit dieser Übung zu verschiedenen Zeitpunkten begannen. Sowohl die Männer als auch die Frauen konnten bei der Adduktion am 20. Reha-Tag die höchsten isokinetischen Kraftwerte erzielen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 23 zusammengefasst.

Tab. 23 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der operierten Seite bei **Männern** (n=15) und **Frauen** (n=15) mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette an drei Reha-Tagen für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	Reha-Tag	Männer	Frauen	Signifikanz	Bewegung	Reha-Tag	Männer	Frauen	Signifikanz
ADD konz	1	8,2 (±3,4)	9,0 (±5,8)	n.s.	ADD exz	1	12,3 (±4,7)	10,3 (±4,0)	n.s.
	10	30,2 (±10,9)	30,0 (±8,9)	n.s.		10	20,4 (±7,9)	17,4 (±5,4)	n.s.
	20	63,9 (±10,0)	50,2 (±7,3)	****		20	44,8 (±13,7)	27,7 (±11,1)	***
IRO konz	1	6,4 (±3,3)	7,3 (±3,7)	n.s.	IRO exz	1	10,8 (±3,0)	10,1 (±3,9)	n.s.
	10	29,5 (±10,8)	22,6 (±8,2)	n.s.		10	20,5 (±9,9)	13,9 (±6,0)	*
	20	61,1 (±14,8)	44,1 (±11,6)	***		20	42,5 (±15,5)	26,2 (±15,9)	***
ARO konz	10	16,2 (±7,2)	9,3 (±3,3)		ARO exz	10	13,7 (±5,1)	9,6 (±4,5)	
	15	26,2 (±9,0)	18,1 (±6,0)			15	20,3 (±7,4)	14,1 (±4,8)	
	20	39,3 (±11,1)	26,1 (±6,2)			20	29,0 (±6,5)	17,4 (±6,6)	

Männer – Vergleich der gesunden und operierten Seite

Für den Vergleich entsprach der Kraftwert der gesunden Seite zu Reha-Beginn 100%. Folglich geben Prozentsatzangaben mit negativem Vorzeichen einen höheren Kraftwert auf der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite an.

Im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss konnten die Männer die isokinetische Kraft auf der operierten Seite deutlich verbessern (Tab. 24). Für die Adduktion und Innenrotation wurden konzentrisch Steigerungen um **857%** und **1144%** sowie exzentrisch um **323%** und **359%** erreicht. Die Unterschiede waren signifikant. Ebenfalls ließen die isokinetischen Kraftwerte der gesunden Seite bei allen drei Bewegungsformen zum Reha-Abschluss im Vergleich zu Reha-Beginn Verbesserungen erkennen. Zu Reha-Beginn lagen zwischen den Kraftwerten der operierten und gesunden Seite deutliche Differenzen vor. Diese konnten zum Reha-Abschluss ausgeglichen werden. Bei der Adduktion und Außenrotation exzentrisch waren die Kraftwerte der operierten Seite höher als die der gesunden Seite. Der Unterschied für die Adduktion exzentrisch war signifikant.

Tab. 24 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **männlichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	66,9 (±19,1)	8,2 (±3,4)	88% (****)	ADD exz Reha-Beginn	42,0 (±13,3)	12,3 (±4,7)	71% (****)
ADD konz Reha-Abschluss	83,7 (±11,7)	78,5 (±13,3)	6% (n.s.)	ADD exz Reha-Abschluss	44,2 (±14,2)	52,0 (±12,1)	-18% (****)
Verbesserung RB/RA	25% (**)	857% (****)		Verbesserung RB/RA	5% (n.s.)	323% (****)	
IRO konz Reha-Beginn	62,6 (±19,2)	6,2 (±3,3)	91% (****)	IRO exz Reha-Beginn	35,1 (±18,9)	10,8 (±3,0)	69% (****)
IRO konz Reha-Abschluss	82,1 (±18,8)	77,1 (±19,4)	6% (n.s.)	IRO exz Reha-Abschluss	50,4 (±23,6)	49,6 (±17,4)	2% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	31% (**)	1144% (****)		Verbesserung RB/RA	44% (***)	359% (****)	
ARO konz Reha-Beginn	38,7 (±13,3)			ARO exz Reha-Beginn	22,7 (±12,6)		
ARO konz Reha-Abschluss	61,8 (±20,0)	50,9 (±15,5)	18% (n.s.)	ARO exz Reha-Abschluss	32,2 (±14,5)	33,0 (±9,2)	-2,5% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	60% (****)			Verbesserung RB/RA	42% (n.s.)		

Männer – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss)

Die isokinetischen Kraftwerte der Männer auf der operierten Seite zeigten bei der Adduktion und Innenrotation konzentrisch am 20. Reha-Tag im Vergleich zu den Kraftwerten der gesunden Seite zu Reha-Beginn geringe Differenzen. Die Unterschiede waren nicht signifikant. Bei den anderen Bewegungsformen waren höhere Kraftwerte auf der operierten Seite festzustellen. Für die Innenrotation und Außenrotation exzentrisch waren die Unterschiede signifikant. Zum Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme konnte bei allen Übungen der operierten Seite ein höherer Kraftwert gegenüber der gesunden Seite zu Reha-Beginn erreicht werden. Die Unterschiede waren signifikant. In der Tabelle 25 sind die Ergebnisse zusammengefasst.

Tab. 25 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **männlichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	Reha-Beginn gesunde Seite	20. Reha-Tag operierte Seite	Diffe- renz	Reha-Beginn gesunde Seite	Reha-Abschluss operierte Seite	Diffe- renz
ADD konz	66,9 (±19,1)	63,9 (±10,0)	4% (n.s.)	66,9 (±19,1)	78,5 (±13,3)	-17% (*)
ADD exz	42,0 (±13,3)	44,8 (±13,7)	-7% (n.s.)	42,0 (±13,3)	52,0 (±12,1)	-24% (*)
IRO konz	62,6 (±19,2)	61,1 (±14,8)	2% (n.s.)	62,6 (±19,2)	77,1 (±19,4)	-23% (*)
IRO exz	35,1 (±18,9)	42,5 (±15,5)	-21% (*)	35,1 (±18,9)	49,6 (±17,4)	-41% (*)
ARO konz	38,7 (±13,3)	39,3 (±11,1)	-2% (n.s.)	38,7 (±13,3)	50,9 (±15,5)	-32% (***)
ARO exz	22,7 (±12,6)	29,0 (±6,5)	-28% (*)	22,7 (±12,6)	33,0 (±9,2)	-45% (***)

Frauen – Vergleich der gesunden und operierten Seite

Im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss konnten die Frauen bei der Adduktion und Innenrotation die isokinetischen Kraftwerte auf der operierten Seite deutlich steigern. Die Unterschiede waren signifikant. Die zu Beginn der Therapie deutlichen Differenzen zwischen den Kraftwerten der gesunden und operierten Seite, welche zwischen **63%** und **80%** lagen, konnten zum Ende der Rehabilitation ausgeglichen werden. Für die Adduktion konzentrisch und für alle Bewegungen exzentrisch war ein höherer Kraftwert auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite zu verzeichnen. Der Unterschied für die Adduktion exzentrisch war signifikant. Analog zur operierten Seite wiesen die Frauen ebenfalls auf der gesunden Seite deutliche Verbesserungen der isokinetischen Kraft zum Reha-Abschluss im Vergleich zu Reha-Beginn auf. Bei allen konzentrischen Bewegungen und bei der Außenrotation exzentrisch war bei diesem Vergleich ein signifikanter Unterschied nachzuweisen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 26 dargestellt.

Tab. 26 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **weiblichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	44,7 (±11,8)	9,0 (±5,8)	80% (****)	ADD exz Reha-Beginn	28,1 (±16,9)	10,3 (±4,0)	63% (****)
ADD konz Reha-Abschluss	55,3 (±8,6)	56,7 (±15,6)	-3% (n.s.)	ADD exz Reha-Abschluss	28,4 (±14,0)	31,3 (±16,4)	-10% (*)
Verbesserung RB/RA	24% (*)	530% (****)		Verbesserung RB/RA	1% (n.s.)	204% (****)	
IRO konz Reha-Beginn	36,2 (±8,5)	7,3 (±3,7)	80% (***)	IRO exz Reha-Beginn	27,2 (±21,7)	10,1 (±3,9)	63% (***)
IRO konz Reha-Abschluss	54,3 (±15,7)	54,0 (±20,1)	1% (n.s.)	IRO exz Reha-Abschluss	31,2 (±17,3)	31,7 (±19,4)	-2% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	50% (****)	640% (***)		Verbesserung RB/RA	15% (n.s.)	214% (**)	
ARO konz Reha-Beginn	24,1 (±8,0)			ARO exz Reha-Beginn	18,1 (±7,6)		
ARO konz Reha-Abschluss	42,2 (±14,1)	39,1 (±20,5)	7% (n.s.)	ARO exz Reha-Abschluss	23,7 (±13,1)	24,5 (±15,1)	-3% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	75% (****)			Verbesserung RB/RA	31% (*)		

Frauen – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss)

Nach 20 Tagen Therapie konnte bei den Frauen bezüglich der isokinetischen Kraft für alle Übungsformen der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite zu Reha-Beginn keine Differenz nachgewiesen werden. Die Innenrotation zeigte eine höhere Kraft auf der operierten Seite. Der Unterschied war signifikant. Zum Reha-Abschluss wiesen alle Bewegungsübungen der operierten Seite höhere Kraftwerte als die gesunde Seite zu Reha-Beginn auf. Dies spiegelt sich in signifikanten Unterschieden bei der Adduktion konzentrisch, Innenrotation konzentrisch und der Außenrotation konzentrisch und exzentrisch wider. Die Resultate sind in Tabelle 27 zusammengefasst.

Tab. 27 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **weiblichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	Reha-Beginn gesunde Seite	20. Reha-Tag operierte Seite	Diffe- renz	Reha-Beginn gesunde Seite	Reha-Abschluss operierte Seite	Diffe- renz
ADD konz	44,7 (±11,8)	50,2 (±7,3)	-12% (n.s.)	44,7 (±11,8)	56,7 (±15,6)	-27% (*)
ADD exz	28,1 (±16,9)	27,7 (±11,1)	1% (n.s.)	28,1 (±16,9)	31,3 (±16,4)	-11% (n.s.)
IRO konz	36,2 (±8,5)	44,1 (±11,6)	-22% (**)	36,2 (±8,5)	54,0 (±20,1)	-49% (***)
IRO exz	27,2 (±21,7)	26,2 (±15,9)	4% (n.s.)	27,2 (±21,7)	31,7 (±19,4)	-17% (n.s.)
ARO konz	24,1 (±8,0)	26,1 (±6,2)	-8% (n.s.)	24,1 (±8,0)	39,1 (±20,5)	-62% (**)
ARO exz	18,1 (±7,6)	17,4 (±6,6)	4% (n.s.)	18,1 (±7,6)	24,5 (±15,1)	-35% (*)

Zusammenfassung:

1. Im Verlauf der Rehabilitation konnte bei den Männern und Frauen mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette eine deutliche Verbesserung der isokinetischen Kraft auf der operierten Seite festgestellt werden. Die Unterschiede waren meist signifikant.
2. Nach 20 Tagen Therapie konnte ein höherer isokinetischer Kraftwert bei den Männern für alle drei Übungen exzentrisch und zusätzlich für die Außenrotation konzentrisch auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite festgestellt werden. Der Unterschied war bei den exzentrischen Kraftwerten der Innenrotation und Außenrotation signifikant. Bei den Frauen zeigte sich bei dieser Gegenüberstellung ein höherer Kraftwert bei allen drei Bewegungen bei der konzentrischen Komponente. Ein signifikanter Unterschied war bei den Kraftwerten der Innenrotation nachzuweisen.
3. Die Steigerung der isokinetischen Kraft vom Reha-Beginn bis zum 20. Tag der Rehabilitation für die Adduktion, Innenrotation, Außenrotation betrug:
 - Männer: konzentrisch: 676%, 856%, 262%; exzentrisch: 264%, 292%, 161%
 - Frauen: konzentrisch: 456%, 501%, 103%; exzentrisch: 167%, 159%, 52%
4. Der prozentuale Unterschied zwischen der isokinetischen Kraft der gesunden Seite (entsprach 100%) zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss betrug für die Adduktion, Innenrotation, Außenrotation: (die negativen Werte weisen auf höhere Kraftwerte der operierten Seite hin)
 - Männer: konzentrisch: -17%, -23%, -32%; exzentrisch: -24%, -41%, -45%
 - Frauen: konzentrisch: -27%, -49%, -62%; exzentrisch: -11%, -17%, -35%
5. Die isokinetischen Kraftwerte wurden im gesamten Rehabilitationsverlauf unter einem geringen Schmerzniveau erreicht:
 - Männer: 11,2 ($\pm 0,49$) Punkte
 - Frauen: 10,8 ($\pm 0,62$) Punkte

5.1.3.2 Referenzwerte für die isokinetische Kraftentwicklung

Die gewonnenen isokinetischen Kraftwerte dienten als Grundlage zur Erstellung der Regressionsgraphiken und Regressionsgleichungen für die Männer und Frauen (Abb. 37 und Abb. 38). Aus den Mittelwerten der konzentrischen und exzentrischen Kraftwerte, die jeden Therapietag erhoben wurden, erfolgte die Darstellung der Regressionslinien. Diese entsprechen einer schädigungsfreien Steigerung der isokinetischen Kraft innerhalb eines definierten Rehabilitationsprogramms für Patienten mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette und können als Referenzwerte angewendet werden.

Über den Rehabilitationszeitraum von 20 Therapietagen präsentieren die Regressionslinien der Männer und Frauen mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion kontinuierliche Anstiege. In Abhängigkeit von der ausgeführten Bewegungsübung und der Arbeitsweise sind die Anstiege steiler oder flacher. Die steilsten Anstiege sind bei den Männern für die konzentrischen Bewegungsformen in der Reihenfolge Adduktion, Innenrotation, Außenrotation zu verzeichnen. Analog gilt dies für die Frauen. Insgesamt weisen die Regressionslinien der Frauen bei gleicher Bewegungsform eine flachere Steigung im Vergleich zu denen der Männer auf.

Isokinetische Referenzwerte Rotatorenmanchettenrekonstruktion – Männer –

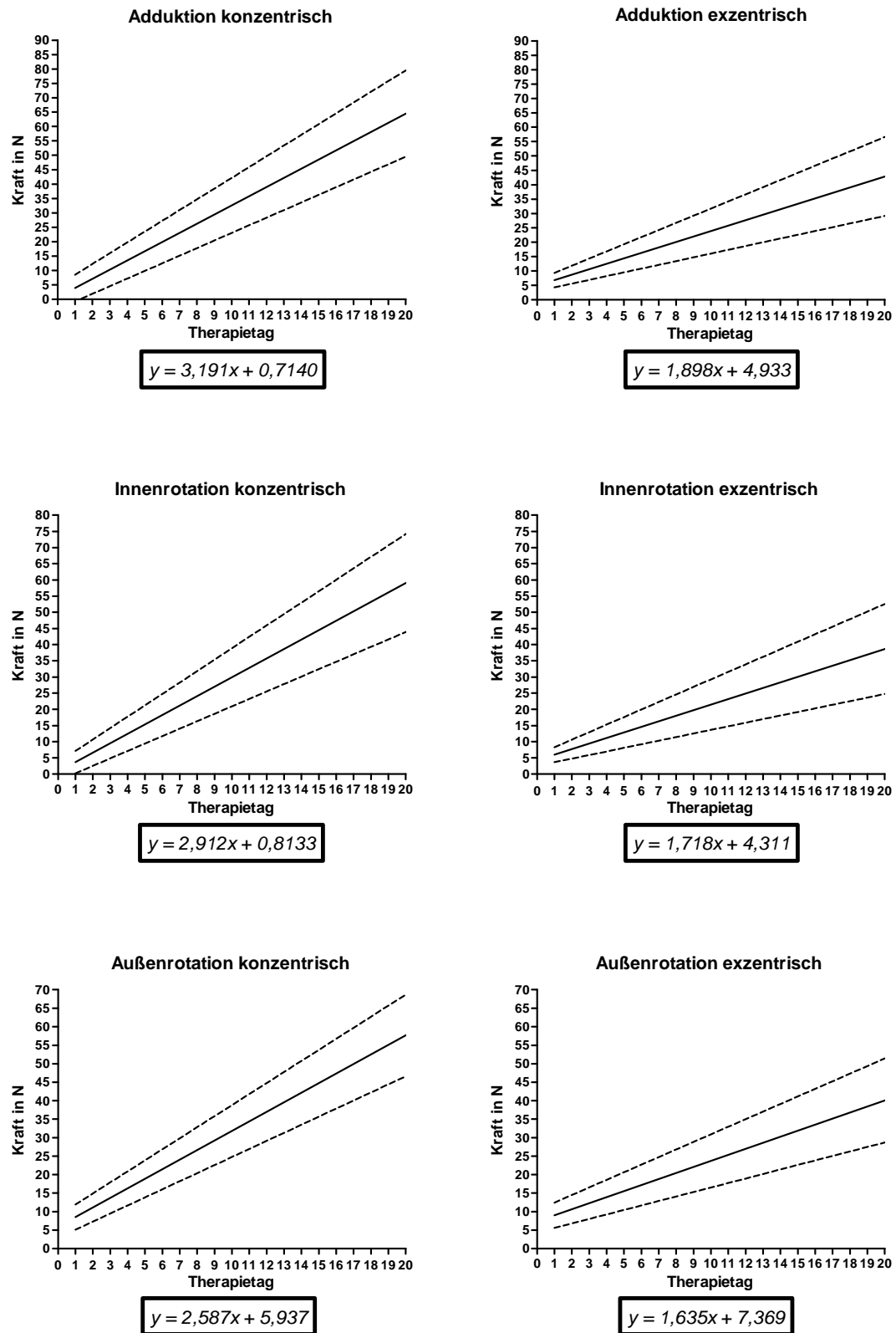


Abb. 37 Referenzwerte der isokinetischen Kraft der **Männer** mit Rotatorenmanchettenrekonstruktion (n=15). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung.

— Regressionsgerade
-- Standardabweichung

Isokinetische Referenzwerte **Rotatorenmanchettenrekonstruktion** **– Frauen –**

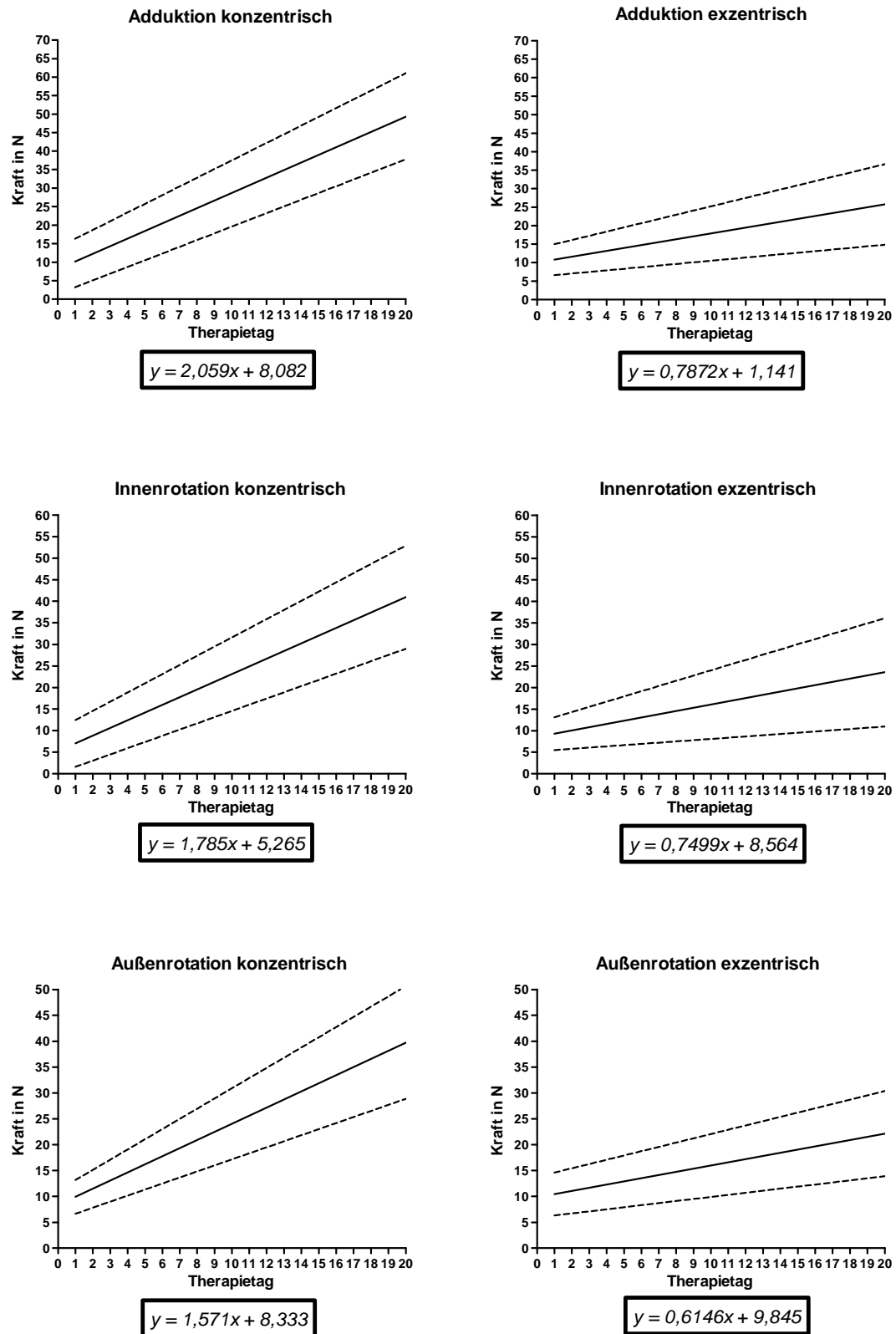


Abb. 38 Referenzwerte der isokinetischen Kraft der **Frauen** mit Rotatorenmanchettenrekonstruktion (n=15). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung.

— Regressionsgerade
 - - Standardabweichung

Zusammenfassung:

1. Für die Männer und Frauen mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette wurden Referenzwerte für die postoperative isokinetische Kraftentwicklung über 20 Rehabilitationstage erstellt.
2. Die Regressionsgeraden der isokinetischen Kraft und der Standardabweichung wurden konzentrisch und exzentrisch für die Adduktion, Innen- und Außenrotation dargestellt.
3. Unter Verwendung der Grafiken und Funktionsgleichungen können für jeden Therapietag die übungsabhängigen konzentrischen und exzentrischen Kraftwerte ermittelt werden.

5.1.3.3 Isokinetische Arbeitswerte***Männer – Vergleich der gesunden und operierten Seite***

Für den Vergleich zwischen gesunder und operierter Seite entsprach der Arbeitswert der gesunden Seite zu Reha-Beginn 100%. In Tabelle 28 zeigen Prozentsatzangaben mit negativem Vorzeichen einen höheren Arbeitswert auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite an.

Zu Reha-Beginn wiesen die Männer deutliche Differenzen der isokinetischen Arbeit auf der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite auf. Die Unterschiede waren signifikant und betrugen für die Adduktion und Innenrotation konzentrisch **91%** und **92%** und exzentrisch **76%** und **78%**. Zum Reha-Abschluss ließen sich bei den Männern für die isokinetische Arbeit auf der operierten Seite bei allen Bewegungsformen eindeutige Verbesserungen feststellen. Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Arbeitswerten der gesunden und operierten Seite für die Adduktion und Außenrotation konzentrisch und der Adduktion exzentrisch. Bei der Adduktion exzentrisch war ein höherer Abschlusswert auf der operierten Seite nachzuweisen. Vom ersten bis zum letzten Tag der Rehabilitation konnten Steigerungsraten der isokinetischen Arbeit auf der operierten Seite konzentrisch um **1100%** und **1282%** und exzentrisch um **431%** und **439%** für Adduktion und Innenrotation erreicht werden. Es ergaben sich signifikante Unterschiede. Die Männer verbesserten die isokinetischen Arbeitswerte auf der gesunden Seite im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss. Für alle Werte der konzentrischen Bewegungsformen und für die Werte der Innenrotation exzentrisch waren die Unterschiede signifikant. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse wird in Tabelle 28 präsentiert.

Tab. 28 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei **männlichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	30,5 (±8,2)	2,8 (±1,1)	91% (****)	ADD exz Reha-Beginn	19,3 (±6,1)	4,2 (±1,4)	78% (****)
ADD konz Reha-Abschluss	38,1 (±6,2)	33,6 (±6,7)	12% (*)	ADD exz Reha-Abschluss	20,1 (±6,6)	22,3 (±6,0)	-11% (*)
Verbesserung RB/RA	25% (**)	1100% (****)		Verbesserung RB/RA	4% (n.s.)	431% (****)	
IRO konz Reha-Beginn	20,5 (±7,7)	1,7 (±1,0)	92% (****)	IRO exz Reha-Beginn	11,5 (±6,5)	2,8 (±0,6)	76% (****)
IRO konz Reha-Abschluss	25,7 (±7,1)	23,5 (±5,3)	9% (n.s.)	IRO exz Reha-Abschluss	15,7 (±7,7)	15,1 (±5,1)	4% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	25% (**)	1282% (****)		Verbesserung RB/RA	37% (**)	439% (****)	
ARO konz Reha-Beginn	12,5 (±5,0)			ARO exz Reha-Beginn	7,1 (±3,8)		
ARO konz Reha-Abschluss	19,6 (±6,4)	14,7 (±4,3)	25% (*)	ARO exz Reha-Abschluss	10,1 (±4,5)	9,6 (±3,0)	5% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	57% (****)			Verbesserung RB/RA	42% (n.s.)		

Frauen – Vergleich der gesunden und operierten Seite

Die Frauen wiesen zu Reha-Beginn bei den isokinetischen Arbeitswerten auf der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite sichtbare Differenzen auf. Es bestanden signifikante Unterschiede. Zum Reha-Abschluss zeigten sich gegenüber dem Reha-Beginn bei allen Bewegungsformen für die isokinetische Arbeit deutliche Verbesserungen auf der operierten Seite. Zwischen den konzentrischen Arbeitswerten waren keine signifikante Unterschiede nachzuweisen. Bei den exzentrischen Arbeitswerten wiesen die Frauen auf der operierten Seite bei der Adduktion und Außenrotation höhere Werte im Vergleich zur gesunden Seite auf. Die Unterschiede waren signifikant. Im Therapieverlauf konnten die Frauen die isokinetische Arbeit auf der operierten Seite bis zum letzten Behandlungstag für die Adduktion und Innenrotation konzentrisch um **685%** und **741%** und exzentrisch um **266%** und **246%** steigern. Die Unterschiede zwischen den isokinetischen Arbeitswerten der operierten Seite vom Reha-Beginn und Reha-Abschluss waren signifikant. Für die gesunde Seite ließen sich bei den Frauen ebenfalls Verbesserungen der isokinetischen Arbeit feststellen. Zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss bestanden zwischen allen konzentrischen Werten sowie den Werten der exzentrischen Außenrotation signifikante Unterschiede. Alle Resultate sind in Tabelle 29 zusammengefasst.

Tab. 29 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Bewegung	gesund	operiert	Differenz	Bewegung	gesund	operiert	Differenz
ADD konz Reha-Beginn	17,0 (±3,8)	2,7 (±1,7)	84% (****)	ADD exz Reha-Beginn	11,2 (±6,9)	3,2 (±1,3)	71% (****)
ADD konz Reha-Abschluss	21,7 (±5,2)	21,2 (±5,6)	2% (n.s.)	ADD exz Reha-Abschluss	10,9 (±5,4)	11,7 (±6,0)	-7% (*)
Verbesserung RB/RA	28% (****)	685% (****)		Verbesserung RB/RA	3% (n.s.)	266% (****)	
IRO konz Reha-Beginn	10,1 (±3,6)	1,7 (±0,7)	83% (***)	IRO exz Reha-Beginn	7,2 (±5,1)	2,4 (±0,7)	67% (***)
IRO konz Reha-Abschluss	14,6 (±5,0)	14,3 (±4,9)	2% (n.s.)	IRO exz Reha-Abschluss	8,4 (±4,8)	8,3 (±4,8)	1% (n.s.)
Verbesserung RB/RA	45% (****)	741% (***)		Verbesserung RB/RA	17% (n.s.)	246% (**)	
ARO konz Reha-Beginn	6,4 (±2,9)			ARO exz Reha-Beginn	4,7 (±2,2)		
ARO konz Reha-Abschluss	10,7 (±4,2)	10,4 (±5,5)	3% (n.s.)	ARO exz Reha-Abschluss	5,9 (±3,3)	6,6 (±4,3)	-12% (*)
Verbesserung RB/RA	67% (****)			Verbesserung RB/RA	26% (*)		

Zusammenfassung:

1. Die Gegenüberstellung der isokinetischen Arbeitswerte zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss ergab bei den Männern und Frauen mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette eine deutliche Verbesserung auf der operierten Seite. Die Unterschiede waren signifikant.
2. Beim Vergleich der isokinetischen Arbeitswerte von operierter und gesunder Seite konnte zum Reha-Abschluss ein signifikanter Unterschied bei den Männern für die Adduktion konzentrisch und exzentrisch und die Außenrotation konzentrisch nachgewiesen werden. Bei den Frauen bestand bei diesem Vergleich ein signifikanter Unterschied zwischen den isokinetischen Arbeitswerten der Adduktion und Außenrotation exzentrisch.
3. Es wurden Steigerungen der isokinetischen Arbeit auf der operierten Seite vom Reha-Beginn bis zum Reha-Abschluss für die Adduktion, Innenrotation erreicht:
 - Männer: konzentrisch: 1100%, 1282%; exzentrisch: 431%, 439%
 - Frauen: konzentrisch: 685%, 741%; exzentrisch: 266%, 246%
4. Der prozentuale Unterschied zwischen der isokinetischen Arbeit der gesunden Seite (entspricht 100%) und der operierten Seite zum Reha-Abschluss betrug für die Adduktion, Innenrotation, Außenrotation: (die negativen Werte weisen auf eine größere Arbeit der operierten Seite hin)
 - Männer: konzentrisch: 12%, 9%, 25%; exzentrisch: -11%, 4%, 5%
 - Frauen: konzentrisch: 2%, 2%, 3%; exzentrisch: -7%, 1%, -12%

5.1.3.4 Aktive Schulterbeweglichkeit

Männer – Vergleich der gesunden Seite und operierten Seite zu Reha-Beginn

Zu Reha-Beginn wiesen die Männer bei der aktiven Beweglichkeit auf der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite deutliche Differenzen im Bewegungsausmaß in allen Richtungen, mit Ausnahme der Innenrotation, auf (Abb. 39). Die Unterschiede waren signifikant. Die größten Abweichungen bestanden bei der Anteversion (97°), Abduktion (103°) und Außenrotation (37°).

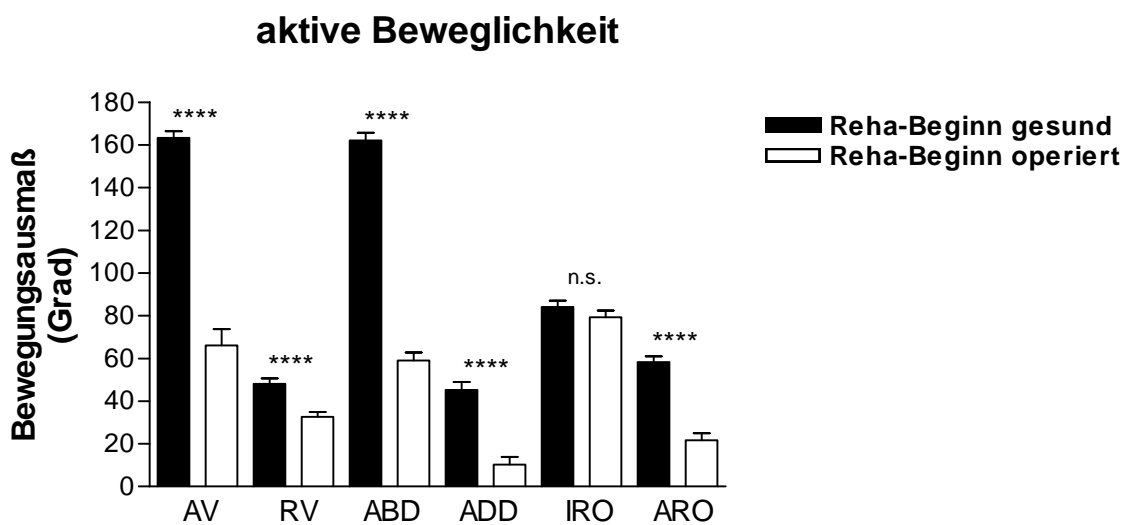


Abb. 39 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn bei den **männlichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Männer – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss

Zum Reha-Abschluss zeigten die Werte der operierten Seite bei den Männern im Vergleich zur gesunden Seite zu Reha-Beginn eine deutliche Annäherung (Abb. 40). Die aktive Beweglichkeit der operierten Seite konnte sichtlich verbessert werden. Für die Bewegungen Anteversion, Retroversion und die Innenrotation war kein signifikanter Unterschied nachzuweisen. Die primären Differenzen bei der Anteversion von 97° , bei der Abduktion von 103° und bei der Außenrotation von 37° konnten auf 11° , 23° und 10° , in dieser Reihenfolge, reduziert werden.

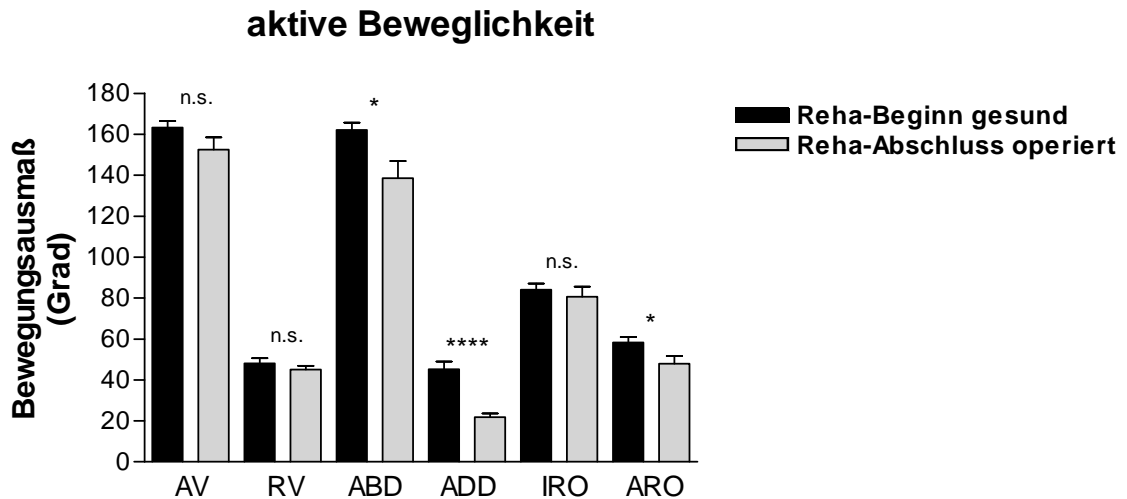


Abb. 40 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der **operierten** Seite zum Reha-Abschluss bei den **männlichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Männer – Vergleich der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss

Im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss konnten die männlichen Patienten die aktive Beweglichkeit der operierten Seite innerhalb aller Bewegungsrichtungen deutlich verbessern (Abb. 41). Es waren signifikante Unterschiede, mit Ausnahme der Innenrotation, festzustellen. Die Verbesserung der Beweglichkeit war anhand der veränderten Messwerte bei der Anteversion von $66^\circ (\pm 29,7)$ auf $153^\circ (\pm 22,4)$, bei der Retroversion von $33^\circ (\pm 8,4)$ auf $45^\circ (\pm 6,8)$, bei der Abduktion von $59^\circ (\pm 14,7)$ auf $139^\circ (\pm 31,1)$, bei der Adduktion von $10^\circ (\pm 13,8)$ auf $22^\circ (\pm 6,7)$ bei der Innenrotation von $79^\circ (\pm 12,1)$ auf $81^\circ (\pm 18,5)$ und bei der Außenrotation von $22^\circ (\pm 12,6)$ auf $48^\circ (\pm 14,1)$ zu registrieren.

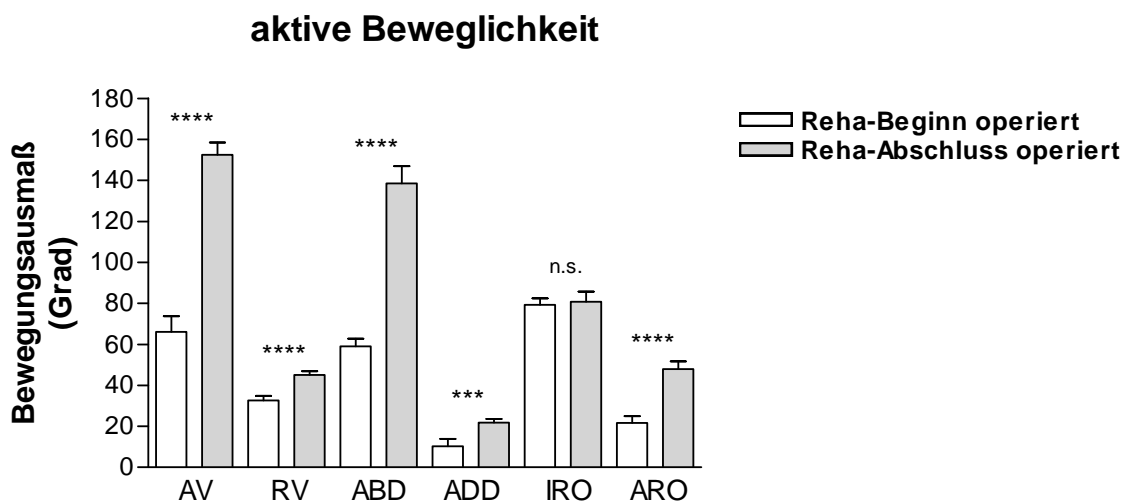


Abb. 41 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss der **männlichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen – Vergleich der gesunden Seite und operierten Seite zu Reha-Beginn

Zu Reha-Beginn präsentierten die Frauen auf der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite eine deutliche Bewegungseinschränkung (Abb. 42). Die Unterschiede waren signifikant. Die Abweichungen betrugen bei der Anteversion 92° , bei der Abduktion 90° und bei der Außenrotation 32° . Bezüglich der gesunden Seite wiesen die Frauen ebenfalls Einschränkungen auf. Die Messwerte bei der Anteversion von 153° und bei der Abduktion von 152° ließen eine Verminderung der aktiven Beweglichkeit erkennen.

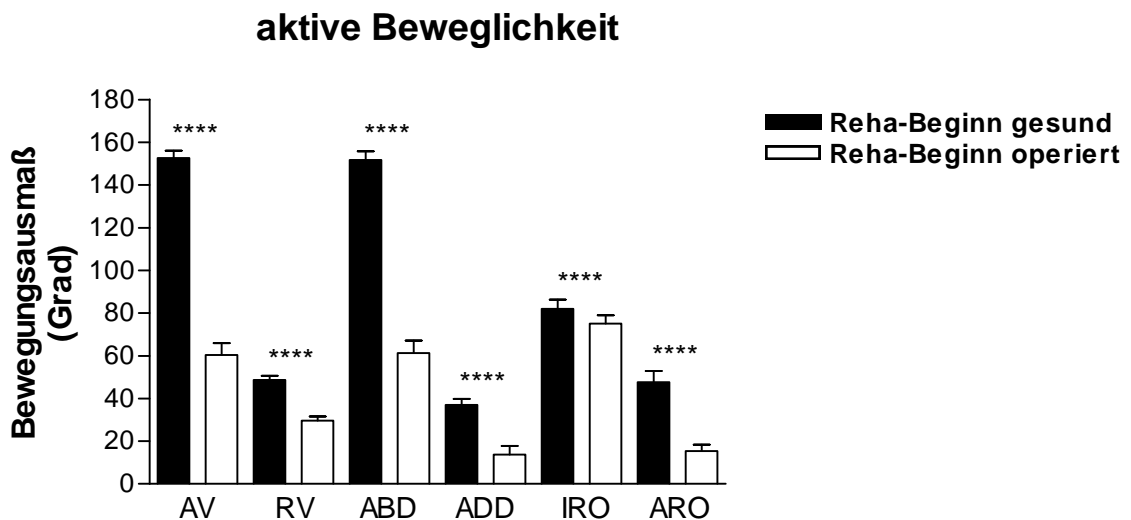


Abb. 42 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn bei den **weiblichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen – Vergleich der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss

Die Frauen zeigten zum Reha-Abschluss bei den Bewegungen Retroversion, Adduktion, Innen- und Außenrotation auf der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite zu Reha-Beginn einen annähernden Ausgleich auf (Abb. 43). Die Beweglichkeit der Frauen konnte auf der operierten Seite unverkennbar verbessert werden. Für die Retroversion und die Innenrotation waren zwischen beiden Seiten keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Größere Abweichungen wiesen die Bewegungen Anteversion und Abduktion auf. Es ergaben sich Differenzen von 26° für die Anteversion und von 39° für die Abduktion.

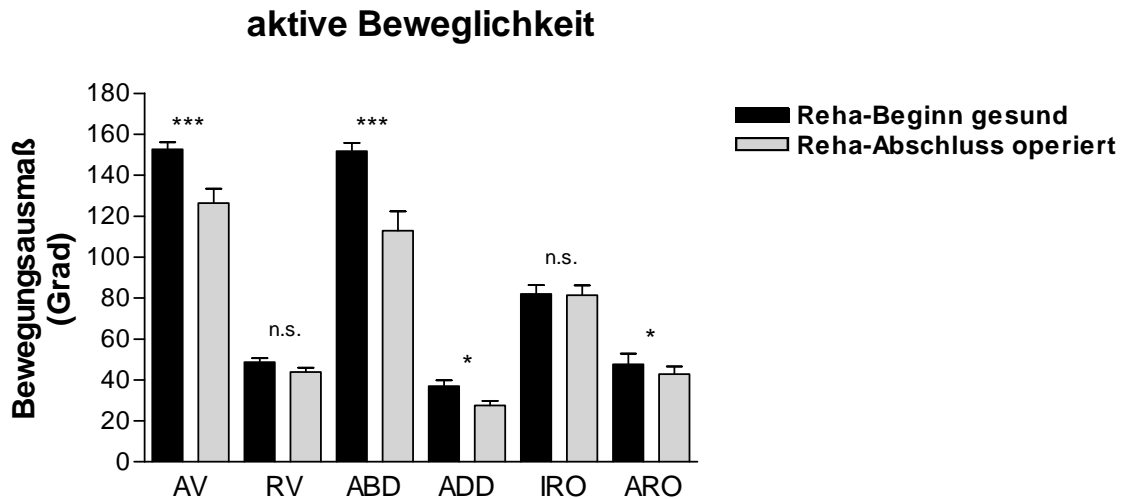


Abb. 43 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den **weiblichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Frauen – Vergleich der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss

Die Frauen konnten zum Reha-Abschluss im Vergleich zum Reha-Beginn beachtliche Verbesserungen der aktiven Beweglichkeit auf der operierten Seite bei allen Bewegungen, mit Ausnahme der Innenrotation, erzielen (Abb. 44). Bei der Innenrotation wiesen die Frauen bereits zu Reha-Beginn eine geringe Einschränkung auf. Die Messwerte stiegen bei der Anteversion von 60° ($\pm 21,8$) auf 126° ($\pm 26,0$), Retroversion von 30° ($\pm 7,4$) auf 44° ($\pm 7,9$), Abduktion von 61° ($\pm 22,4$) auf 113° ($\pm 35,3$), Adduktion von 14° ($\pm 15,9$) auf 28° ($\pm 8,3$) und Außenrotation von 15° ($\pm 11,9$) auf 43° ($\pm 14,0$). Es bestanden signifikante Unterschiede.

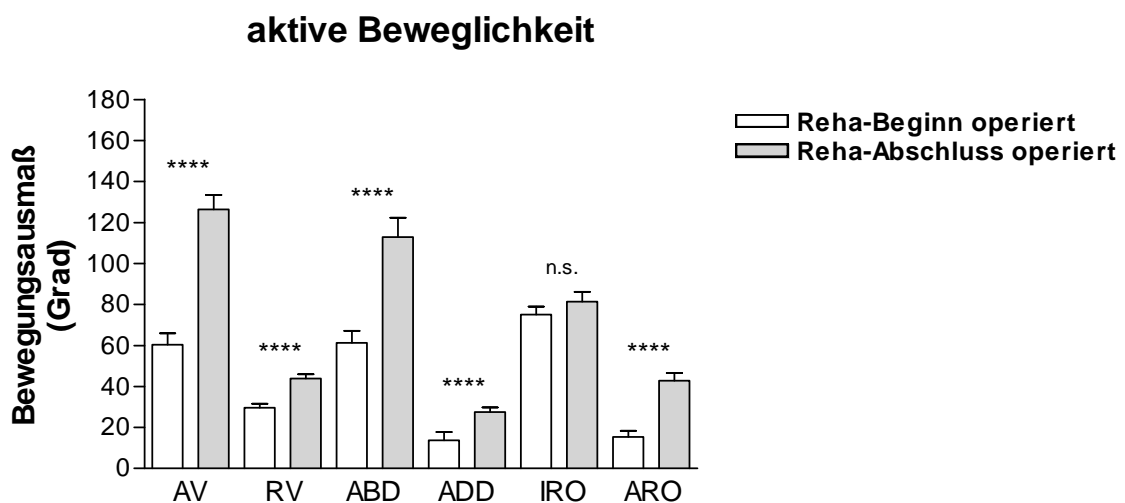


Abb. 44 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den **weiblichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.

Zusammenfassung:

1. Bei den Männern und Frauen mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette war eine deutliche Verbesserung der aktiven Beweglichkeit auf der operierten Seite vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss bei allen Bewegungsrichtungen, mit Ausnahme der Innenrotation, nachzuweisen. Die Unterschiede waren signifikant.
2. Zum Reha-Abschluss bestand ein reduziertes Bewegungsausmaß für die operierte Seite gegenüber der gesunden Seite. Bei Männern und Frauen traf dies für die Abduktion, Adduktion und Außenrotation zu und für die Frauen zusätzlich für die Anteversion. Es waren signifikante Unterschiede festzustellen.
3. Die Differenzen betrugen für die Anteversion/ Retroversion/ Abduktion/ Adduktion/ Innenrotation/ Außenrotation:
 - Männer: 11°/ 3°/ 23°/ 24°/ 3°/ 10°
 - Frauen: 26°/ 5°/ 39°/ 10°/ 1°/ 5°

5.1.3.5 Fragebögen DASH und SF-36-Health-Survey***Männer – DASH***

Für die männlichen Patienten ergab sich beim Dash-Score zu Reha-Beginn im Mittel ein Wert von **53,0** ($\pm 11,7$) Punkten (Abb. 45). Zum Reha-Abschluss sank der Wert auf im Mittel **21,5** ($\pm 10,2$) Punkte. Der Unterschied war signifikant. Ein Punktwert von 0 entspräche einer optimalen Funktion und ein Punktwert von 100 einer maximalen Behinderung.

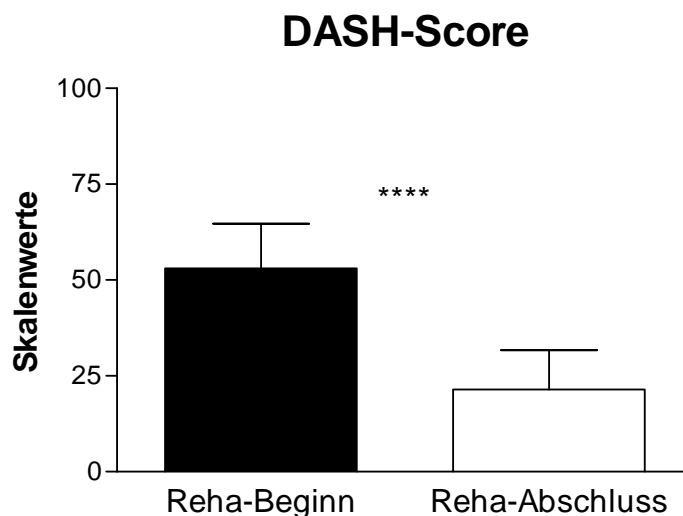


Abb. 45 Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den **männlichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Frauen – DASH

Die Frauen wiesen zu Beginn der Therapie innerhalb des DASH-Scores einen Punktwert von **54,1** ($\pm 20,4$) auf (Abb. 46). Am Ende der Rehabilitation gaben die Frauen einen durchschnittlichen Wert von **24,7** ($\pm 18,2$) Punkten an. Der Unterschied war signifikant. Sie schätzten die Ausführung von Alltagsaktivitäten zum Reha-Abschluss als gebessert ein. Ein Punktwert von 0 würde einer optimalen Funktion entsprechen.

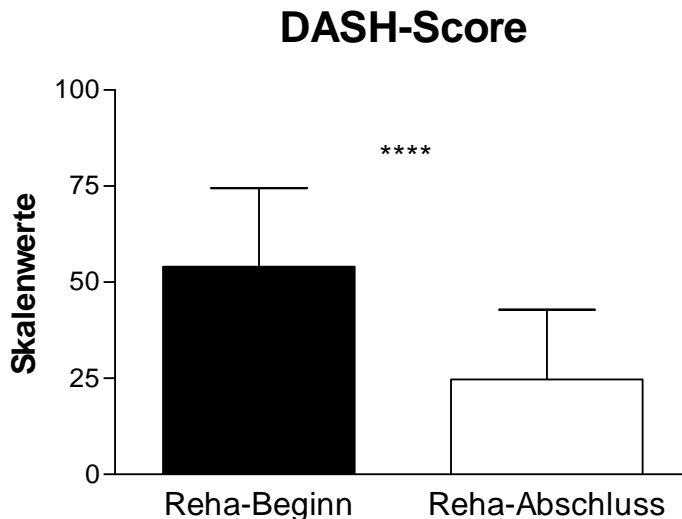


Abb. 46 Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den **weiblichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Männer – SF-36

Zu Reha-Beginn wurden für die Männer für alle Subskalen, mit Ausnahme der Skala allgemeine Gesundheit (AG), im Vergleich zur Normpopulation geringere Punktwerte festgestellt (Abb. 47). Die männlichen Patienten zeigten zum Reha-Abschluss in allen Subskalen deutliche Verbesserungen der Punktwerte. Die Unterschiede waren bis auf die Punkte der Skala emotionale Rollenfunktion (ER) signifikant. Im Vergleich mit der altersentsprechenden Normpopulation war festzustellen, dass mit Ausnahme der Kategorien körperliche Rollenfunktion (KR) und körperliche Schmerzen (KS) die deutlichen Unterschiede vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss annähernd ausgeglichen werden konnten. Die Männer erreichten zum Reha-Abschluss in den Skalen allgemeine Gesundheit (AG) und emotionale Rollenfunktion (ER) einen höheren Punktwert als die Vergleichsgruppe.

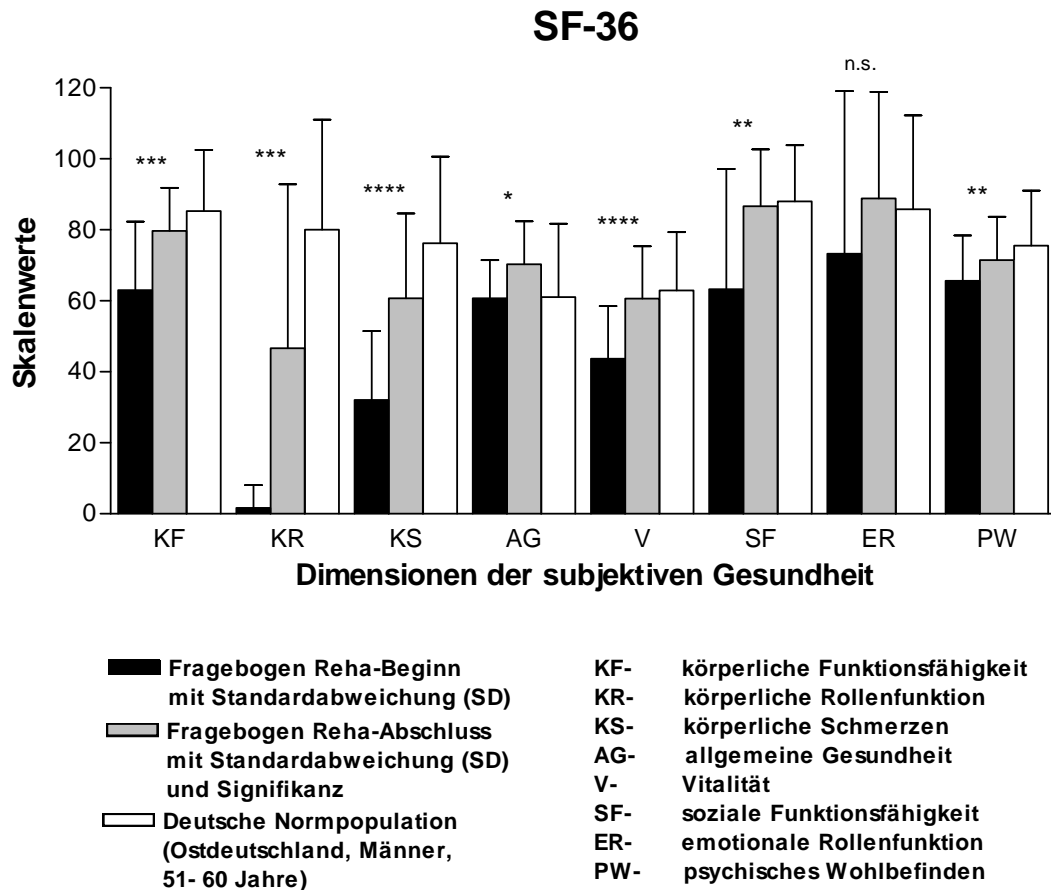


Abb. 47 Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den **männlichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Frauen – SF-36

Im Vergleich zur Normpopulation ließen sich bei den Frauen zu Reha-Beginn deutlich geringere Punktwerte bei fast allen Subskalen feststellen (Abb. 48). Die Werte der Skala allgemeine Gesundheit (AG) waren bereits zu Reha-Beginn höher als die Werte der Normpopulation. Die Frauen konnten zum Reha-Abschluss eine deutliche Zunahme der Punktwerte in den Kategorien der körperlichen Funktionsfähigkeit (KF), körperlichen Rollenfunktion (KR), körperlichen Schmerzen (KS), Vitalität (V), sozialen Funktionsfähigkeit (SF) und psychisches Wohlbefinden (PW) erreichen. Die Unterschiede waren signifikant. Innerhalb dieser Kategorien kam es zum annähernden Ausgleich zwischen den Punktwerten. In den Subskalen körperliche Funktionsfähigkeit (KF), Vitalität (V) und allgemeine Gesundheit (AG) wurde zum Reha-Abschluss ein höherer Wert bei den Frauen gegenüber der Normpopulation erzielt.

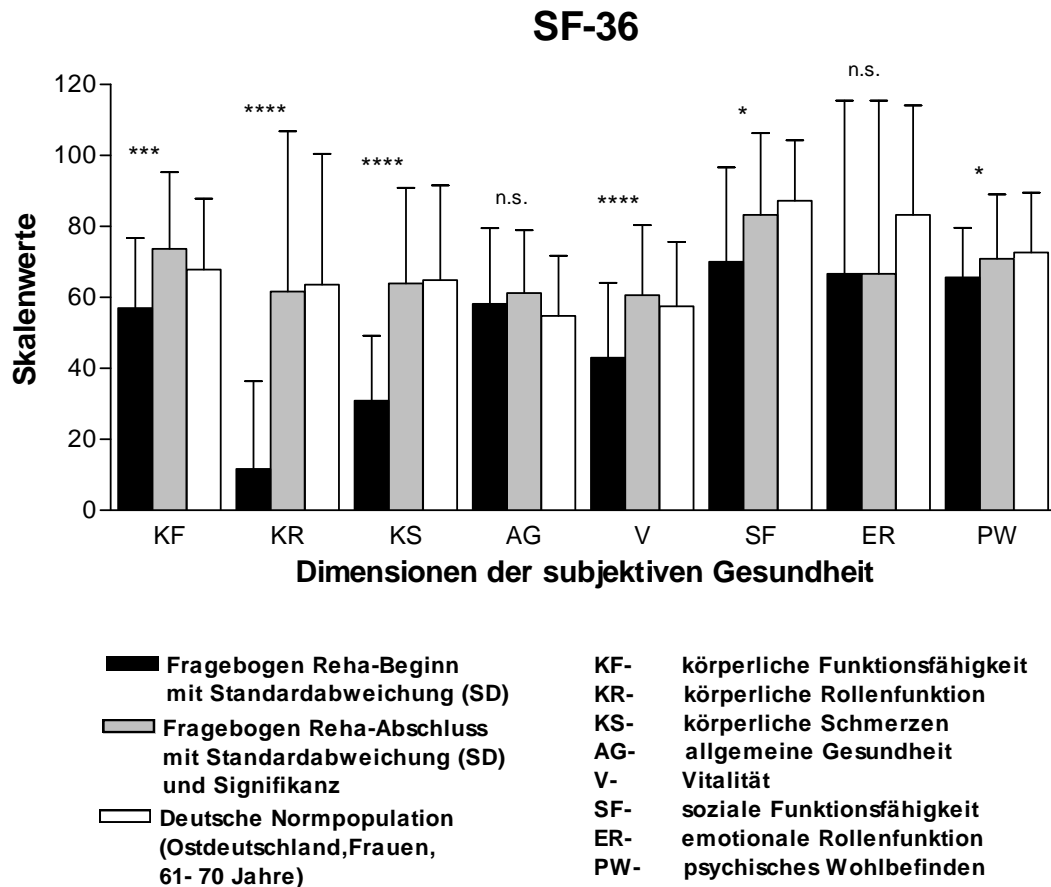


Abb. 48 Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den **weiblichen Patienten** mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Zusammenfassung:

1. Innerhalb des DASH-Scores wiesen die männlichen Patienten im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss eine Verbesserung von 53,0 ($\pm 11,7$) auf 21,5 ($\pm 10,2$) und die weiblichen Patienten von 54,1 ($\pm 20,4$) auf 24,7 ($\pm 18,2$) Punkten auf. Die Unterschiede waren signifikant.
2. In den Dimensionen des SF-36-Health-Survey war für die Patienten in fast allen Subskalen eine deutliche Verbesserung vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss festzustellen. Es waren zumeist signifikante Unterschiede nachzuweisen. Für die Skala emotionale Rollenfunktion bei Männern und Frauen und der Skala allgemeine Gesundheit bei den Frauen traf dies nicht zu. Für die Kategorien allgemeine Gesundheit und emotionale Rollenfunktion der Männer und körperliche Funktionsfähigkeit, allgemeine Gesundheit und Vitalität der Frauen wurden im Vergleich zur Normpopulation höhere Werte zum Reha-Abschluss bestimmt.

5.1.4 Isokrafttabellen für die verschiedenen Therapiebandfarben

In den Tabellen 30 – 41 sind die berechneten Ausgangslängen der verschiedenen Therapiebandfarben für die entsprechenden Bewegungsausmaße in Abhängigkeit einer Belastungsvorgabe dargestellt. Für die Belastungsvorgaben von 10 N, 15 N, 20 N, 25 N, 30 N, 35 N, 40 N, 45 N, 50 N, 55 N, 60 N und 65 N und den Bewegungsausmaßen von 20 cm, 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm, und 50 cm erfolgte die Ermittlung der Ausgangslängen. Als Berechnungsgrundlage wurden die vorhandenen Gleichungen (siehe Abschnitt 4.2.5.4, S. 57) verwendet.

Aus den Tabellen ist zu entnehmen, dass nicht für jede Belastungsvorgabe Werte für die Therapiebandfarben und Ausgangslängen vorhanden sind. Alle negativen sowie zu niedrige positive (<25) und zu hohe positive Werte (>100) wurden absichtlich weggelassen, um die Praktikabilität zu gewährleisten. Des Weiteren weisen alle Tabellen inhaltlich jeweils alle Bandfarben und alle Dehnlängen auf, mit der Gewissheit, für bestimmte Belastungsvorgaben keine Angaben zur Dehnlänge und Therapiebandfarbe anbieten zu können. Mit dieser Darstellungsvariante soll unverzüglich ein Überblick garantiert werden, welche Therapiebandfarben in Abhängigkeit der Dehnlänge für bestimmte Belastungsmaßgaben geeignet bzw. praktisch ungeeignet sind. Nachfolgend wird die Verwendung der Tabellen an einem Beispiel erläutert.

Beispiel: Es wird die Ausgangslänge für das rote Therapieband bei einer Belastungsvorgabe von 20 N und einem erlaubten oder möglichen Bewegungsausmaß von 40 cm gesucht.

1. Aufsuchen der Tabelle für 20 N → Tab. 32
2. Aus der linken Spalte wird die Dehnlänge aufgesucht → 40 cm
3. Aufsuchen der Therapiebandfarbe und Ausgangslänge ablesen → 35 cm (Tab. 32 rot markierte Zahl)
4. Alternativ könnte für dieselben Vorgaben von Kraft und Dehnlänge ebenfalls das blaue Therapieband verwendet werden – in diesem Fall müsste die Ausgangslänge 60 cm betragen (Tab. 32 blau markierte Zahl)

Tab. 30 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 10 N.

10 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	27	61	77	—	—	—
25	39	78	—	—	—	—
30	50	96	—	—	—	—
35	62	—	—	—	—	—
40	74	—	—	—	—	—
45	85	—	—	—	—	—
50	97	—	—	—	—	—

Tab. 31 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 15 N.

15 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	—	—	27	40	75	—
25	—	32	39	56	98	—
30	—	42	52	71	—	—
35	29	52	65	86	—	—
40	36	61	78	—	—	—
45	43	71	90	—	—	—
50	50	81	—	—	—	—

Tab. 32 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 20 N.

20 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	—	—	—	—	40	—
25	—	—	—	30	55	—
30	—	—	28	40	70	—
35	—	28	36	50	85	—
40	—	35	44	60	100	—
45	—	41	53	70	—	—
50	29	48	61	79	—	—

Tab. 33 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 25 N.

25 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	34	—
30	—	—	—	25	45	—
35	—	—	—	32	57	—
40	—	—	28	40	68	—
45	—	26	34	47	79	—
50	—	31	40	54	90	—

Tab. 34 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 30 N.

30 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	—	—	—	—	—	68
25	—	—	—	—	—	90
30	—	—	—	—	31	—
35	—	—	—	—	40	—
40	—	—	—	28	49	—
45	—	—	—	34	58	—
50	—	—	28	39	66	—

Tab. 35 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 35 N.

35 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	—	—	—	—	—	45
25	—	—	—	—	—	62
30	—	—	—	—	—	79
35	—	—	—	—	29	95
40	—	—	—	—	37	—
45	—	—	—	25	44	—
50	—	—	—	30	51	—

Tab. 36 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 40 N.

40 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	—	—	—	—	—	32
25	—	—	—	—	—	45
30	—	—	—	—	—	58
35	—	—	—	—	—	72
40	—	—	—	—	28	85
45	—	—	—	—	34	98
50	—	—	—	—	40	—

Tab. 37 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 45 N.

45 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	34
30	—	—	—	—	—	45
35	—	—	—	—	—	56
40	—	—	—	—	—	67
45	—	—	—	—	27	78
50	—	—	—	—	32	89

Tab. 38 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 50 N.

50 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	26
30	—	—	—	—	—	35
35	—	—	—	—	—	45
40	—	—	—	—	—	54
45	—	—	—	—	—	64
50	—	—	—	—	26	73

Tab. 39 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 55 N.

55 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	28
35	—	—	—	—	—	37
40	—	—	—	—	—	45
45	—	—	—	—	—	53
50	—	—	—	—	—	62

Tab. 40 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 60 N.

60 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	30
40	—	—	—	—	—	38
45	—	—	—	—	—	45
50	—	—	—	—	—	52

Tab. 41 Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 65 N.

65 N	Ausgangslänge der Therapiebänder (TB) in cm					
Dehnlänge (cm)	TB gelb	TB rot	TB grün	TB blau	TB schwarz	TB silbern
20	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	25
40	—	—	—	—	—	32
45	—	—	—	—	—	38
50	—	—	—	—	—	45

Zusammenfassung:

1. Für die Belastungsvorgaben von 10 – 65 N, in einer Abstufung von 5 N, wurden Iso-krafttabellen für die verschiedenen Therapiebandfarben erstellt.
2. Für die relevanten Übungsdistanzen von 20 – 50 cm, in einer Abstufung von 5 cm, erfolgte die Berechnung der Ausgangslängen von den Therapiebändern in Abhängigkeit einer Praktikabilität. Ausgangslängen von < 25 und > 100 cm wurden als unzweckmäßig eingestuft und nicht in die Tabelle integriert.
3. Mit der Verwendung der Tabellen können für jede Belastungsvorgabe, in Abhängigkeit der Dehnlänge, die Ausgangslänge und die Therapiebandfarbe festgelegt werden.

5.2. Ergebnisse der Leistungsdiagnostik zu Beginn und zum Abschluss des Rehabilitationsprogramms

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der leistungsdiagnostischen Untersuchungen präsentiert. Es erfolgt die Darstellung der Resultate der Doppelstufentests und der Untersuchung mit dem tragbaren Spirometriesystem während der Krankengymnastik und der MTT, die an zwei Rehabilitationstagen erhoben wurden.

5.2.1 Ergebnisse des Doppelstufentests zu Beginn und zum Abschluss des Rehabilitationsprogramms

Im ersten Teilabschnitt erfolgt die Darstellung der Resultate aus den Doppelstufentests in Gegenüberstellung zwischen Test 1 zu Reha-Beginn und Test 2 zum Reha-Abschluss.

5.2.1.1 Überblick ausgewählter Parameter beim Doppelstufentest

In der Tabelle 42 sind die wichtigsten Messparameter aus den Doppelstufentests als Gesamtüberblick in Gegenüberstellung zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss dargestellt. Die Messgrößen wurden entweder permanent oder zu definierten Zeitpunkten des Belastungsprotokolls registriert und anschließend aufbereitet. Auf die Erläuterung zur Veränderung der Einzelgrößen wird nacheinander im anschließenden Textteil in derselben Reihenfolge wie tabellarisch vorgestellt, eingegangen.

Tab. 42 Ausgewählte Messparameter zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss während der Doppelstufentests. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Messparameter	Reha-Beginn (1. Test)	Reha-Abschluss (2. Test)	Signi- fikanz
Maximalleistung [Watt]	171,5 (±36,6)	188,5 (±47,8)	*
Hf_{max} [S/min]	157 (±20,2)	161 (±21,0)	n.s.
RR_{max} (sys/dia) [mmHg]	197/91 (±21,0/11,6)	206/90 (±20,7/12,9)	*/ n.s.
VO_{2max} [ml/min]	2077 (±446)	2517 (±554)	**
VO_{2max} [ml/min/kg]	26,9 (±5,7)	32,4 (±7,3)	***
Leistung V_E Schwelle [Watt]	121,2 (±26,2)	140,6 (±27,9)	****
Leistung Laktatsenke [Watt]	111,1 (±25,4)	117,4 (±33,3)	n.s.

5.2.1.2 Werte der Maximalleistung

Die Patienten konnten die maximal erreichte Leistung im Vergleich zwischen 1. Test zu Reha-Beginn und 2. Test zum Reha-Abschluss deutlich von **171,5** ($\pm 36,6$) Watt auf **188,5** ($\pm 47,8$) Watt steigern (Abb. 49). Der Unterschied war signifikant.

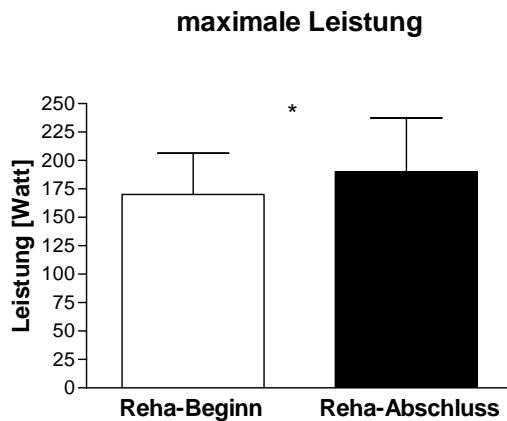


Abb. 49 Maximalleistung während der Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

5.2.1.3 Maximale Herzfrequenzwerte und Herzfrequenzverhalten

Beim 1. Test zu Reha-Beginn wurde eine maximale Herzfrequenz von im Mittel **158** (± 20) S/min gemessen. Die maximale Herzfrequenz beim 2. Test zum Reha-Abschluss betrug durchschnittlich **161** (± 21) S/min. Es bestand kein signifikanter Unterschied (Abb. 50).

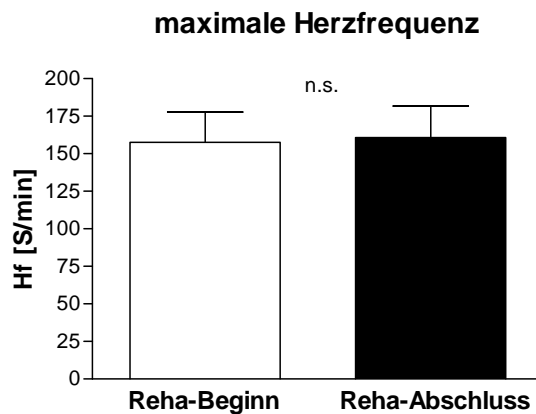


Abb. 50 Maximale Herzfrequenzwerte während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Das Herzfrequenzverhalten zeigte zu Beginn und zum Abschluss der Rehabilitation während der Doppelstufentests einen annähernden linearen Verlauf während der ansteigenden Belastung (Abb. 51). Die Darstellung des Herzfrequenzverhaltens erfolgte durch die Illustration des Verlaufs der Herzfrequenz bis zur Stufe von 140 Watt und der Höhe der Herzfrequenz zum Zeitpunkt des Belastungsabbruchs. Begründet wird dies mit der Tatsache, dass mit jeweils höherer Belastungsstufe die zugrunde liegende Anzahl der Patienten abnahm. Alle 20 Patienten absolvierten die Stufe von 110 Watt. Anschließend erreichten 18 Patienten in Test 1 und 17 Patienten in Test 2 die Stufe von 140 Watt. Beim Vergleich der Herzfrequenzwerte in Ruhe zwischen beiden Tests ließ sich ein signifikanter Unterschied feststellen. Während des Doppelstufentests präsentierten sich zu allen Messzeitpunkten geringere Werte der Herzfrequenz beim 2. Test zum Reha-Abschluss als beim 1. Test zu Reha-Beginn. Die Unterschiede innerhalb der Stufen von 110 Watt und 140 Watt waren signifikant. Zum Zeitpunkt des Belastungsabbruchs wiesen die Patienten im 1. Test eine maximale Herzfrequenz von 158 S/min und im 2. Test von 161 S/min auf. Es lag kein signifikanter Unterschied vor.

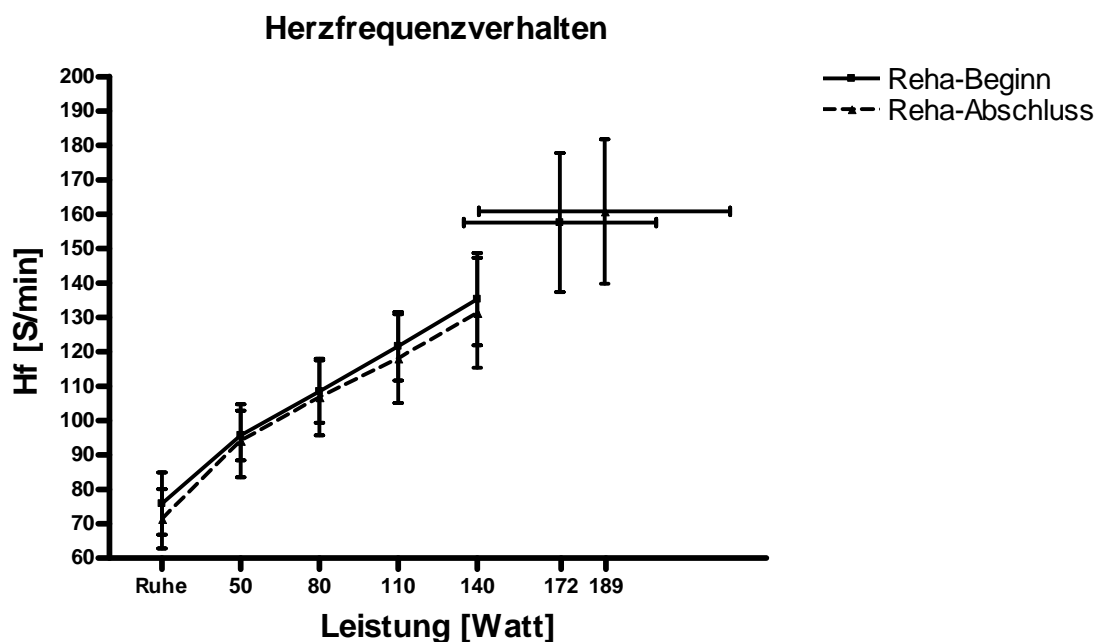


Abb. 51 Herzfrequenzverhalten während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss.

5.2.1.4 Maximale Blutdruckwerte

Bezüglich der Veränderungen des Blutdruckes in Gegenüberstellung zwischen 1. Test zu Reha-Beginn und 2. Test zum Reha-Abschluss ließ sich feststellen, dass der systolische Wert von **197** (± 21) mmHg auf **206** (± 21) mmHg stieg (Abb. 52). Dies spiegelte sich in einem signifikanten Unterschied wider. Der diastolische Blutdruck sank von **91** (± 12) mmHg auf **90** (± 13) mmHg. Der Unterschied war nicht signifikant.

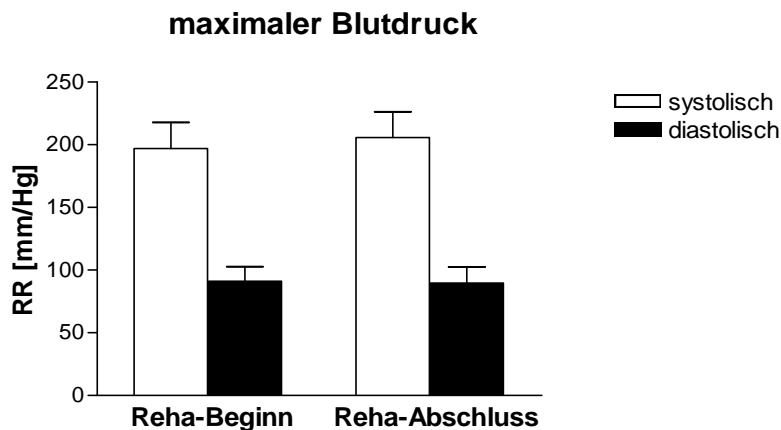


Abb. 52 Maximale Blutdruckwerte während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung.

5.2.1.5 Maximale Sauerstoffaufnahmewerte

Im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss zeigte sich beim stufenförmigen Ergometertest ein Anstieg der maximalen Sauerstoffaufnahme der Patienten von **2077** (± 446) ml/min auf **2517** (± 554) ml/min (Abb. 53). Dies entsprach einer Zunahme um **21%**. Es ergab sich ein signifikanter Unterschied.

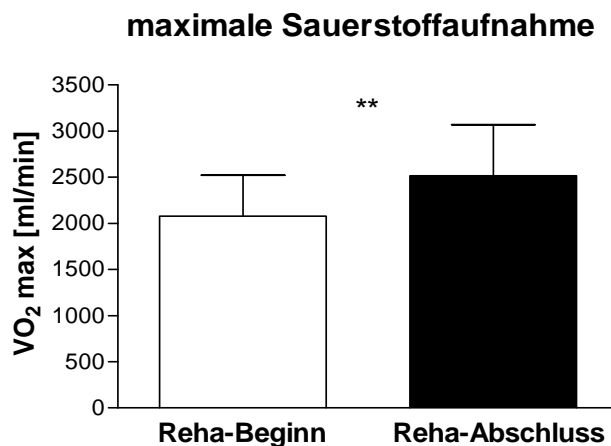


Abb. 53 Maximale Sauerstoffaufnahmewerte während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

5.2.1.6 Relative maximale Sauerstoffaufnahmewerte

Die relative maximale Sauerstoffaufnahme ergab zum Reha-Abschluss einen höheren Wert als zu Reha-Beginn (Abb. 54). Ein Ausgangswert von im Mittel **26,9** ($\pm 5,7$) ml/min/kg stieg beim 2. Test auf im Mittel **32,4** ($\pm 7,3$) ml/min/kg. Der Unterschied war signifikant.

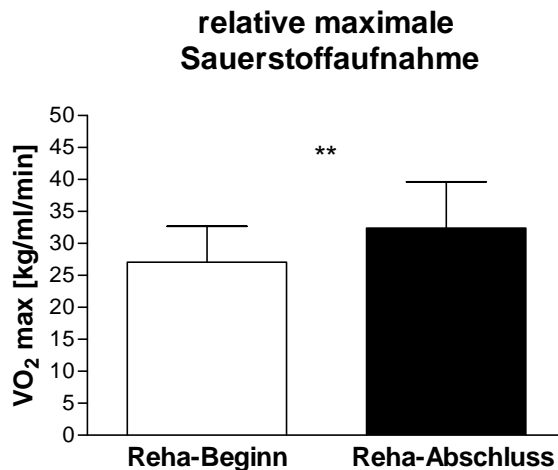


Abb. 54 Relative maximale Sauerstoffaufnahmewerte während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

5.2.1.7 Ventilatorische Schwelle

Als Grundlage zur Auswertung der ventilatorischen Schwelle dienten die Ventilations-Zeit-Diagramme. Daraus wurden die Schwellenwerte subjektiv-visuell ausgelesen.

Die Leistung zum Zeitpunkt der ventilatorischen Schwelle betrug im 1. Test im Mittel **121,2** ($\pm 26,2$) Watt und im zweiten Test im Mittel **140,6** ($\pm 27,9$) Watt (Abb. 55). Darin zeigte sich ein signifikanter Unterschied. Dies entsprach **71%** der maximalen Leistung im 1. Test und **75%** im 2. Test. Zu Reha-Beginn lag die ventilatorische Schwelle bei einem Atemminutenvolumen von im Mittel **44,5** ($\pm 8,2$) l/min und zum Reha-Abschluss von im Mittel **53,1** ($\pm 9,3$) l/min. Bezüglich der Herzfrequenz zum Zeitpunkt der ventilatorischen Schwelle ließ sich im 1. Test ein Wert von im Mittel von **124,5** ($\pm 13,7$) S/min und beim 2. Test im Mittel von **132,6** ($\pm 18,9$) S/min feststellen. Der Unterschied war signifikant.

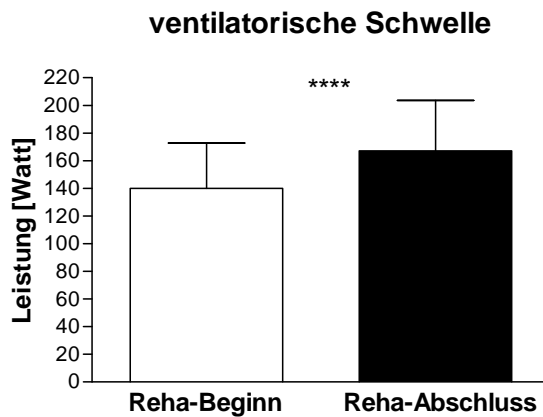


Abb. 55 Leistung zum Zeitpunkt der ventilatorischen Schwelle in Watt zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

5.2.1.8 Laktatverhalten

Die Laktatleistungskurve (Abb. 56) lässt erkennen, dass beim Abschlusstest die Laktatwerte im Verlauf ab der 80 Watt Stufe bis zur 140 Watt Stufe geringere Laktatwerte als bei gleicher Belastungsstufe zu Reha-Beginn anzeigten. Die Vergleiche zwischen den Laktatwerten der jeweiligen Stufe ergaben keine signifikanten Unterschiede. Insgesamt wurden die Datenpaare von 19 Patienten einbezogen. Da die Patientenanzahl ab der 110 Watt Stufe mit steigender Belastungsstufe abnahm, erfolgte die Darstellung bis 140 Watt. Von den 19 Patienten erreichten 17 die 140 Watt Stufe in beiden Tests, 12 und 13 Patienten die 170 Watt Stufe in Test 1 und 2. Die maximal erreichte Leistung lag in Test 1 bei **171,5** ($\pm 36,6$) Watt. Zu diesem Zeitpunkt wiesen die Patienten einen Abbruchlaktatwert von **5,67** ($\pm 1,9$) mmol/l auf. Im 2. Test konnte die Maximalleistung auf **188,5** ($\pm 47,8$) Watt gesteigert werden. Es ergab sich ein Abbruchlaktatwert von **6,7** mmol/l ($\pm 2,4$).

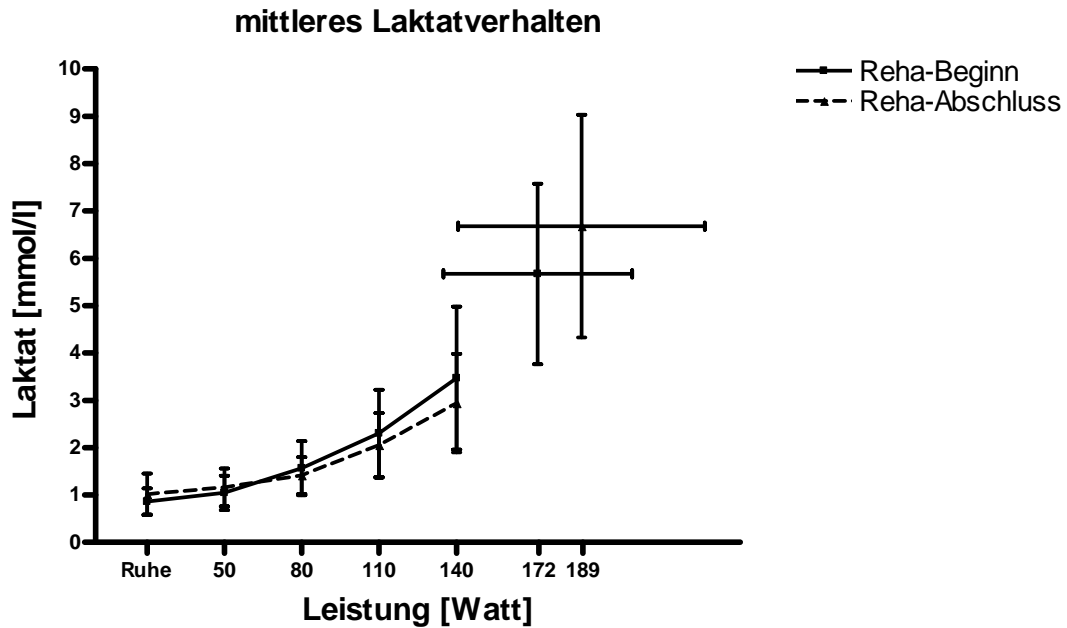


Abb. 56 Laktatverhalten während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss.

Der Vergleich zwischen 1. und 2. Test zeigte, dass die Patienten die Leistung zum Zeitpunkt der Laktatsenke verbessern konnten (Abb. 57). Sie steigerten die Leistung von **111,1 ($\pm 25,4$)** Watt im 1. Test auf **117,4 ($\pm 33,3$)** Watt im 2. Test. Der Unterschied war nicht signifikant. Bezogen auf die Maximalleistung lag im ersten Test die Laktatsenke bei **64,8%** und im zweiten Test bei **62,3%** der maximal erreichten Leistung. In die Auswertung wurden 19 Patienten integriert. Bei einem Patienten fand kein Laktatmessung statt.

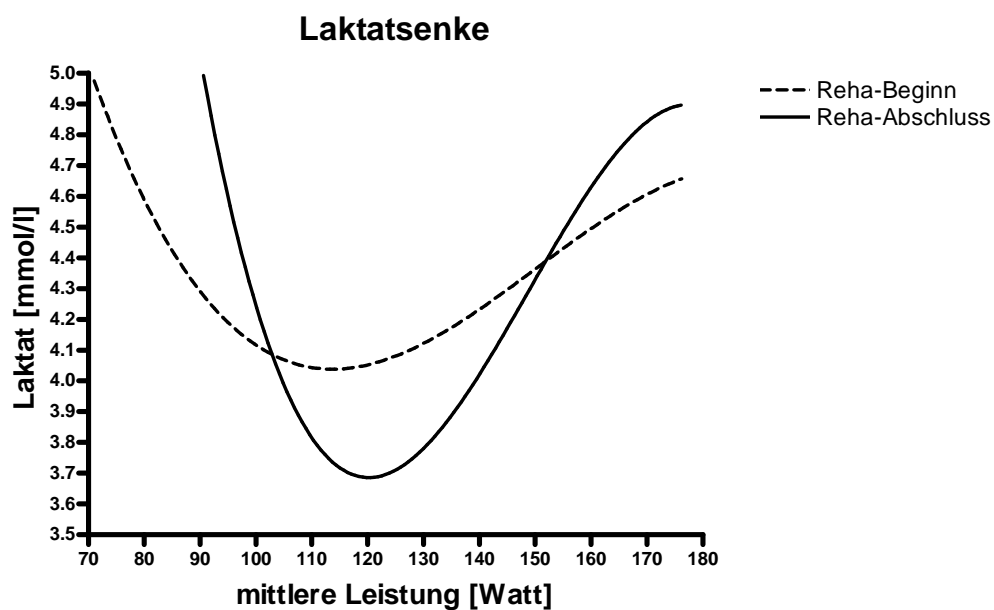


Abb. 57 Laktatsenke während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss.

Zusammenfassung:

1. Die Patienten konnten die Maximalleistung von Test 1 zu Test 2 von 171,5 ($\pm 36,6$) Watt auf 188,5 ($\pm 47,8$) Watt deutlich verbessern. Der Unterschied war signifikant.
2. Zwischen den Werten der maximalen Herzfrequenz ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen Test 1 und Test 2. Die Hf_{\max} betrug im 1. Test 157 ($\pm 20,2$) S/min und im 2. Test 161 ($\pm 21,0$) S/min. Bei gleicher Belastungsstufe waren die Herzfrequenzwerte im 2. Test niedriger als beim 1. Test. In Ruhe, bei 110 Watt und 140 Watt waren signifikante Unterschiede nachzuweisen.
3. Der maximale systolische Blutdruck stieg von 197 ($\pm 21,0$) mmHg in Test 1 auf 206 ($\pm 20,7$) mmHg in Test 2. Es wurde ein signifikanter Unterschied nachgewiesen.
Der maximale diastolische Blutdruck sank von 91 ($\pm 11,6$) mmHg in Test 1 auf 90 ($\pm 12,9$) mmHg in Test 2. Der Unterschied war nicht signifikant.
4. Bezüglich der maximalen Sauerstoffaufnahme ließ sich ein deutlicher Anstieg von 2077 (± 446) ml/min in Test 1 auf 2517 (± 554) ml/min feststellen. Dies zeigte sich in einem signifikanten Unterschied.
5. Zum Zeitpunkt der ventilatorischen Schwelle konnten die Patienten die Leistung von 121,2 ($\pm 26,2$) Watt in Test 1 auf 140,6 ($\pm 27,9$) Watt in Test 2 steigern. Der Unterschied war signifikant.
6. Zum Zeitpunkt der Laktatsenke konnten die Patienten die Leistung von 111,1 ($\pm 25,4$) Watt in Test 1 auf 117,4 ($\pm 33,3$) Watt in Test 2 verbessern. Es war kein signifikanter Unterschied nachzuweisen.

5.2.2 Ergebnisse der Leistungsdiagnostik während des Rehabilitationsprogramms

Im folgenden Abschnitt werden die Resultate der leistungsdiagnostischen Untersuchungen von zwei Therapietagen vorgestellt. Zunächst erfolgt ein Gesamtüberblick in tabellarischer Form über spezifische Messgrößen bei allen Therapieanforderungen in Gegenüberstellung zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss. Anschließend erfolgt die Präsentation und Erläuterung der Messgrößen der einzelnen Therapieanforderungen im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss. Darüber hinaus wird mit diesen Messergebnissen ein Bezug zur körperlichen Leistungsfähigkeit aus den Doppelstufentests hergestellt. Im letzten Teilabschnitt werden die einzelnen Messgrößen bei den unterschiedlichen Therapieanforderungen jeweils zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss gegenübergestellt.

Die Messung relevanter Parameter wurde während eines gesamten Therapietages entsprechend des individuellen Therapieprogramms durchgeführt. Bei allen untersuchten Patienten waren die Krankengymnastik und die MTT integrative Bestandteile der täglichen Therapie. Aufgrund interindividueller Unterschiede der Schulterpatienten bezüglich des Alters, der Operationsmethode und der damit einhergehenden Bewegungseinschränkung und Belastungsvorgabe unterlagen nicht alle 20 Patienten zu jedem Zeitpunkt der Rehabilitation den gleichen Übungsanforderungen. Jeweilige Abweichungen von der Gesamtanzahl werden an entsprechender Stelle erwähnt.

5.2.2.1 Ausgewählte Parameter im Überblick

Die Tabelle 43 zeigt spezifische Messgrößen während der Therapieanforderungen in der Krankengymnastik und der MTT im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss mit entsprechendem Signifikanzniveau. Innerhalb der MTT führten die Patienten die Übungen an den Therapietagen standardisiert durch. Eine Belastungsanpassung fand regelmäßig entsprechend des Therapiefortschritts in Abhängigkeit von beeinflussenden Faktoren (Schmerz) statt.

Während der gesamten Therapiezeit und den damit verbundenen verschiedenen Anforderungen resultierte die Registrierung und Protokollierung der kardiopulmonalen Messgrößen und der zugrunde liegenden Belastung an der Seilzugisokinetik, dem Doppelseilzug und dem Ergometertraining.

Tab. 43 Gesamtüberblick über spezifische Messgrößen während der Therapie zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.

Inhalte	Messparameter	Reha-Beginn	Reha-Abschluss	Signifik.
Ruhe	VO ₂ [ml/min]	435 (±142)	390 (±79)	n.s.
	VO ₂ [ml/min/kg]	5,5 (±1,4)	4,6 (±1,7)	n.s.
	RR (sys/dia) [mmHg]	124/81 (±7,6/7,6)	124/79 (±17,9/9,1)	n.s./n.s.
	Hf [S/min]	79 (±12,7)	78 (±12,8)	n.s.
Aro gesund	Kraft [N]	61,1 (±20,1)	73,9 (±25,4)	****
	VO ₂ [ml/min]	555 (±136)	596 (±119)	n.s.
	VO ₂ [ml/min/kg]	7,2 (±1,9)	7,8 (±1,6)	n.s.
	RR (sys/dia) [mmHg]	152/101 (±19,3/9,8)	169/104 (±28,8/12,0)	*/n.s.
	Hf [S/min]	94 (±15,5)	97 (±15,3)	n.s.
Iro gesund	Kraft [N]	90,0 (±27,3)	99,5 (±24,6)	*
	VO ₂ [ml/min]	593 (±154)	609 (±139)	n.s.
	VO ₂ [ml/min/kg]	7,6 (±1,7)	7,9 (±1,8)	n.s.
	RR (sys/dia) [mmHg]	159/106 (±24,1/8,9)	164/108 (±29,3/9,3)	n.s./n.s.
	Hf [S/min]	98 (±18,2)	98 (±17,4)	n.s.
Adduktion gesund	Kraft [N]	100,7 (±23,9)	107,9 (±25,5)	*
	VO ₂ [ml/min]	597 (±168)	608 (±130)	n.s.
	VO ₂ [ml/min/kg]	7,7 (±2,0)	7,9 (±1,7)	n.s.
	RR (sys/dia) [mmHg]	156/104 (±21,4/10,6)	163/106 (±31,7/12,4)	*/n.s.
	Hf [S/min]	98 (±18,8)	97 (±17,3)	n.s.
Aro operiert	Kraft [N]	37,0 (±11,5)	62,8 (±16,3)	****
	VO ₂ [ml/min]	487 (±108)	569 (±119)	*
	VO ₂ [ml/min/kg]	6,3 (±1,2)	7,4 (±1,5)	**
	RR (sys/dia) [mmHg]	155/103 (±26,7/11,4)	159/103 (±26,4/12,6)	*/n.s.
	Hf [S/min]	89 (±15,5)	96 (±15,8)	*
Iro operiert	Kraft [N]	48,9 (±16,0)	100,4 (±28,8)	****
	VO ₂ [ml/min]	500 (±116)	597 (±128)	****
	VO ₂ [ml/min/kg]	6,5 (±1,5)	7,8 (±1,7)	****
	RR (sys/dia) [mmHg]	142/97 (±17,1/9,0)	162/106 (±23,8/12,2)	***/*
	Hf [S/min]	90 (±13,5)	97 (±17,2)	*
Adduktion operiert	Kraft [N]	58,4 (±16,6)	106,6 (±23,9)	****
	VO ₂ [ml/min]	472 (±107)	602 (±117)	****
	VO ₂ [ml/min/kg]	6,2 (±1,6)	7,9 (±1,7)	****
	RR (sys/dia) [mmHg]	135/93 (±12,8/8,8)	163/104 (±28,9/9,8)	****/****
	Hf [S/min]	89 (±15,1)	97 (±15,7)	*
Doppel- seilzug	Gewicht [Kg]	2,9 (±1,3)	4,3 (±1,4)	*
	VO ₂ [ml/min]	686 (±176)	760 (±169)	*
	VO ₂ [ml/min/kg]	9,0 (±2,2)	10,0 (±2,3)	*
	RR (sys/dia) [mmHg]	nicht gemessen	nicht gemessen	
	Hf [S/min]	92 (±16,6)	98 (±15,1)	n.s.
Hand- kurbel- ergometer	Leistung [Watt]	16,9 (±10,0)	35,3 (±10,5)	****
	VO ₂ [ml/min]	757 (±192)	974 (±231)	****
	VO ₂ [ml/min/kg]	9,9 (±2,5)	12,6 (±2,8)	****
	RR (sys/dia) [mmHg]	134/84 (±11,2/8,1)	150/91 (±22,8/9,8)	***/*
	Hf [S/min]	93 (±16,9)	99 (±15,5)	*
Fahrrad- ergometer	Leistung [Watt]	73,9 (±23,1)	95,6 (±29,4)	****
	VO ₂ [ml/min]	1415 (±374)	1549 (±389)	**
	VO ₂ [ml/min/kg]	18,5 (±5,0)	20,1 (±4,9)	**
	RR (sys/dia) [mmHg]	144/80 (±12,0/9,4)	155/82 (±29,5/12,3)	n.s./n.s.
	Hf [S/min]	114 (±18,7)	124 (±20,6)	*
Kranken- gymnastik	VO ₂ [ml/min]	499 (±146)	517 (±140)	n.s.
	VO ₂ [ml/min/kg]	6,5 (±2,14)	6,5 (±1,5)	n.s.
	RR (sys/dia) [mmHg]	126/79 (±11,4/11,4)	122/85 (±14,0/10,6)	n.s./n.s.
	Hf [S/min]	83 (±14,2)	83 (±20,3)	n.s.

5.2.2.2 Seilzugisokinetik im Überblick

Aus der Abbildung 58 geht hervor, dass die Patienten die isokinetischen (konzentrisch und exzentrisch) Kraftwerte der Außenrotation, Innenrotation und Adduktion für die gesunde und operierte Seite verbessern konnten. Bezüglich der operierten Seite präsentierten sich die Unterschiede deutlicher. Es wurden für alle Vergleiche signifikante Unterschiede nachgewiesen. Aufgrund der intraoperativen Befunde und den sich daraus ergebenden Vorgaben des Operators für den Therapieablauf konnten zu Reha-Beginn beim 1. Test sieben Patienten keine Außenrotation mit der operierten Seite durchführen. Die höchsten Kraftwerte wurden bei der Adduktion auf beiden Seiten durch die Patienten zum Reha-Abschluss erzielt.

Auf die Differenzen der kardiopulmonalen Messgrößen innerhalb der Übungen in der Gegenüberstellung vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Die Resultate sind unter Punkt 5.2.2.1 (S. 148) in der Tabelle 43 zu finden. Es ist zu erwähnen, dass die Patienten bei den Parametern der gesunden Seite im Vergleich vom Therapieanfang und -ende keine wesentlichen Unterschiede aufzeigten. Ausschließlich zwischen den Werten des systolischen Blutdrucks bei der Außenrotation und Adduktion waren signifikante Unterschiede zu konstatieren. Auf der operierten Seite wiesen die Patienten bei allen kardiopulmonalen Messgrößen, außer dem diastolischen Blutdruck bei der Außenrotation, relevante Unterschiede zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss auf. Der Unterschied beim systolischen Blutdruck der Außenrotation war signifikant. Nachfolgend sollen die Resultate der Patienten zwischen gesunder und operierter Seite jeweils zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss näher vorgestellt werden (Abb. 59 – 61, Tab. 32 – 34).

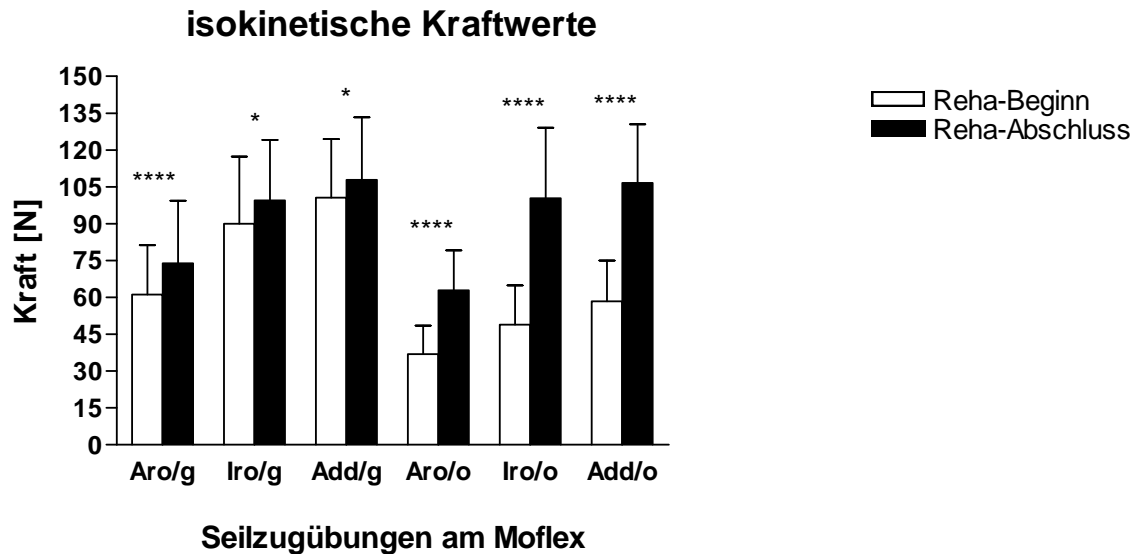


Abb. 58 Vergleich der isokinetischen Kraftwerte (konzentrisch + exzentrisch) der operierten und gesunden Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

5.2.2.3 Übung - Außenrotation

Die Gegenüberstellung der Übung Außenrotation der gesunden und operierten Seite der Patienten zu Reha-Beginn (Abb. 59) und zum Reha-Abschluss (Abb. 60) zeigt, dass am Anfang der Therapie ein deutlicher Kraftunterschied zwischen gesunder und operierter Seite bestand. Der Unterschied war signifikant. Zu Reha-Beginn wiesen die Patienten auf der gesunden Seite ein Kraftwert von **61,1** ($\pm 20,1$) N und auf der operierten Seite von **37,0** ($\pm 11,5$) N auf. Dies ergab eine Differenz von **39%**. Alle Patienten konnten die isokinetische Kraft auf der gesunden und operierten Seite im Verlauf der Rehabilitation verbessern. Zum Reha-Abschluss konnten Kraftwerte auf der gesunden Seite von **73,9** ($\pm 25,4$) N und auf der operierten Seite **62,8** ($\pm 16,3$) N erreicht werden. Die Differenz betrug **15%**. Es lag kein signifikanter Unterschied vor.

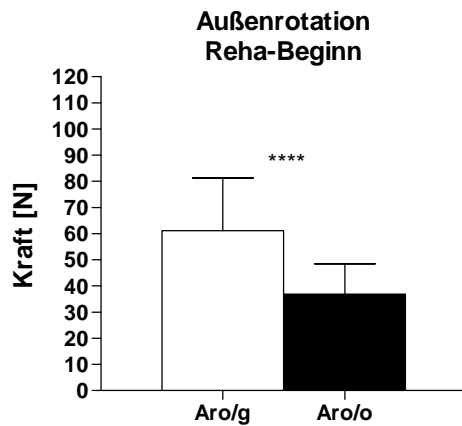


Abb. 59a Isokinetische Kraft der Außenrotation für die gesunde und operierte Seite zu Reha-Beginn. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

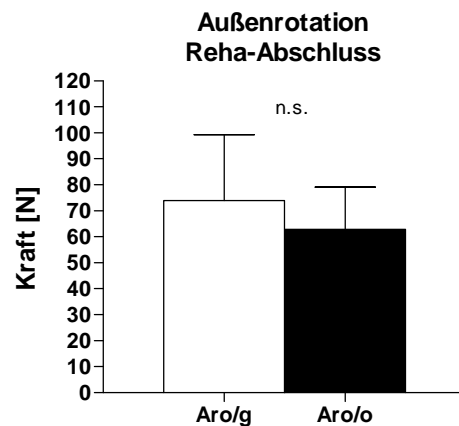


Abb. 59b Isokinetische Kraft der Außenrotation für die gesunde und operierte Seite zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Aus der Tabelle 44 ist ersichtlich, dass die Werte der mittleren Sauerstoffaufnahme und der mittleren relativen Sauerstoffaufnahme beim Training der Außenrotation zwischen gesunder und operierter Seite Differenzen aufzeigten. Es waren signifikante Unterschiede zum Reha-Beginn nachzuweisen. Für die gesunde Seite entsprach die Sauerstoffaufnahme **27%** und für die operierte Seite **24%** der VO_{2max} zu Reha-Beginn. Berücksichtigt wurde hierfür ausschließlich die VO_{2max} der 14 Patienten, die die Bewegungsübung durchführten ($VO_{2max} = 2035$ ml/min). Die Blutdruckwerte zwischen gesunder und operierter Seite unterschieden sich ebenso unwesentlich, wie die Herzfrequenz voneinander, trotz signifikanten Kraftunterschiedes. Zum Abschluss der Therapie, als kein wesentlicher Kraftunterschied zwischen beiden Seiten nachzuweisen war, zeigten sich hinsichtlich der kardiopulmonalen Parameter ebenfalls keine relevanten Unterschiede, außer beim systolischen Blutdruck. Ausschließlich bei diesem Vergleich lag ein signifikanter Unterschied vor. Für die Werte der Sauerstoffaufnahme zum Reha-Abschluss ergaben sich für die gesunde Seite und für die operierte Seite jeweils **25%** der VO_{2max} ($VO_{2max} = 2306$ ml/min). Die Messergebnisse sind zusammenfassend in Tabelle 44 dargestellt.

Tab. 44 Vergleich ausgewählter Parameter bei der Übung Außenrotation zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss zwischen gesunder und operierter Seite. Angabe der Mittelwerte, Standardabweichung in Klammern, Signifikanzniveau.

Parameter	Reha-Beginn			Reha-Abschluss		
	Aro gesund	Aro operiert	Signifikanz	Aro gesund	Aro operiert	Signifikanz
VO₂ [ml/min]	541 (±132)	487 (±108)	*	584 (±106)	564 (±94)	n.s.
VO₂ [ml/min/kg]	7,0 (±1,8)	6,3 (±1,2)	*	7,6 (±1,4)	7,4 (±1,3)	n.s.
RR (sys/dia) [mmHg]	152/101 (±19,3/9,8)	155/103 (±26,7/11,4)	n.s./n.s.	169/104 (±28,8/12,0)	159/103 (±26,4/12,6)	*/n.s.
Hf [S/min]	94 (±15,5)	89 (±15,5)	n.s.	97 (15,3)	96 (±15,8)	n.s.

5.2.2.4 Übung - Innenrotation

Zu Reha-Beginn existierte bei der Innenrotation eine deutliche Differenz bezüglich der isokinetischen Kraft zwischen beiden Seiten. Das spiegelte sich in einem signifikanten Unterschied wider (Abb. 60a). Die Patienten erreichten einen Kraftwert auf der gesunden Seite von **90,0** ($\pm 27,3$) N und auf der operierten Seite von **48,9** ($\pm 16,0$) N. Damit war eine Differenz von **46%** zu konstatieren. Im Verlauf der Therapie konnten die Patienten die isokinetische Kraft bei der Innenrotation verbessern. Am zweiten Messtag zum Reha-Abschluss präsentierte sich kein relevanter Kraftunterschied zwischen gesunder und operierter Seite (Abb. 60b). Die operierte Seite wies einen minimal höheren Kraftwert von **100,4** ($\pm 28,8$) N gegenüber der gesunden Seite von **99,5** ($\pm 24,6$) N auf, worin sich kein signifikanter Unterschied nachweisen ließ.

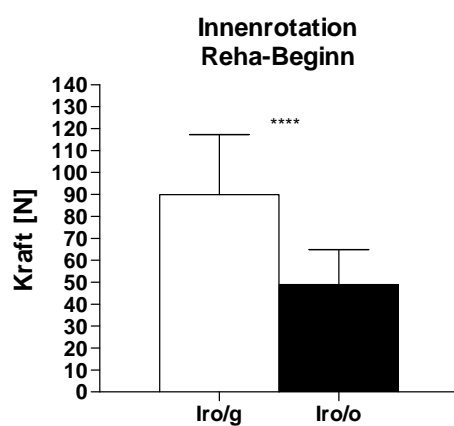


Abb. 60a Isokinetische Kraft der Innenrotation für die gesunde und operierte Seite zu Reha-Beginn. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

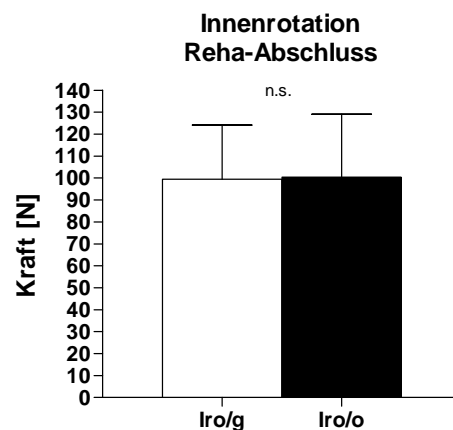


Abb. 60b Isokinetische Kraft der Innenrotation für die gesunde und operierte Seite zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Für die Werte der Sauerstoffaufnahme, des Blutdrucks und der Herzfrequenz ließen sich beim Training der gesunden gegenüber der operierten Seite höhere Werte erkennen (Tab. 45), was sich bei allen Vergleichen in einem signifikanten Unterschied darstellte.

Bezogen auf die VO_{2max} entsprach die Sauerstoffaufnahme der gesunden Seite **29%** und der operierten Seite **25%** zu Reha-Beginn. Die isokinetischen Kraftwerte waren zwischen gesunder und operierter Seite zum Reha-Abschluss annähernd gleich. Folglich ließen sich bei den spirometrischen und kardialen Parametern zum Reha-Abschluss lediglich geringfügige Abweichungen feststellen. Es lagen keine signifikanten Unterschiede vor. Für die Sauerstoffaufnahme zum Reha-Abschluss ergaben sich **26%** für die gesunde Seite und

25% für die operierte Seite der $VO_{2\max}$. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist in Tabelle 45 zu finden.

Tab. 45 Vergleich ausgewählter Parameter bei der Übung Innenrotation zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss zwischen gesunder und operierter Seite. Angabe der Mittelwerte, Standardabweichung in Klammern, Signifikanzniveau.

Parameter	Reha-Beginn			Reha-Abschluss		
	Iro gesund	Iro operiert	Signifikanz	Iro gesund	Iro operiert	Signifikanz
VO₂ [ml/min]	593 (±154)	500 (±116)	****	609 (±139)	597 (±128)	n.s.
VO₂ [ml/min/kg]	7,6 (±1,7)	6,5 (±1,5)	****	7,9 (±1,8)	7,8 (±1,7)	n.s.
RR (sys/dia) [mmHg]	159/106 (±24,1/8,9)	142/97 (±17,1/9,0)	***/**	164/108 (±29,3/9,3)	162/106 (±23,8/12,2)	n.s./n.s.
Hf [S/min]	98 (±18,2)	90 (±13,5)	**	98 (±17,4)	97 (±17,2)	n.s.

5.2.2.5 Übung - Adduktion

Bei der Adduktion wiesen die Patienten zu Reha-Beginn einen isokinetischen Kraftwert von **100,7** (±23,9) N auf der gesunden Seite und **58,4** (±16,6) N auf der operierten Seite auf (Abb. 61a). Dies entsprach einer Differenz von **42%** und spiegelte sich in einem signifikanten Unterschied wider. Zum Reha-Abschluss war ein Kraftausgleich zwischen beiden Seiten zu erkennen (Abb. 61b). Ein signifikanter Unterschied bestand nicht. Es ließen sich isokinetische Kraftwerte von **107,9** (±25,5) N auf der gesunden Seite und **106,6** (±23,9) N auf der operierten Seite messen.

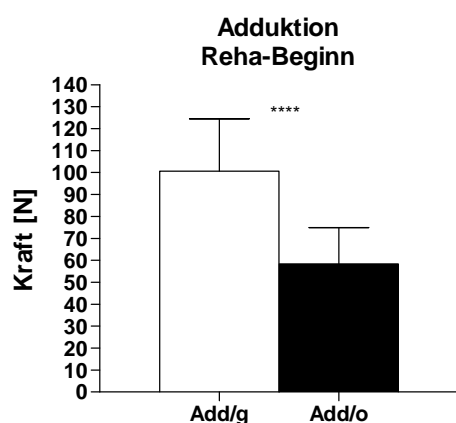


Abb. 61a Isokinetische Kraft der Adduktion für die gesunde und operierte Seite zu Reha-Beginn. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

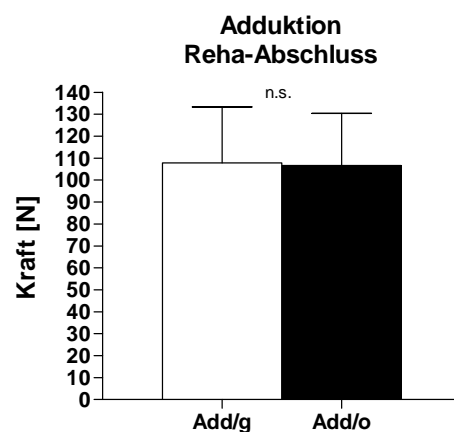


Abb. 61b Isokinetische Kraft der Adduktion für die gesunde und operierte Seite zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Die Tabelle 46 zeigt, dass zwischen den Werten der Sauerstoffaufnahme, des Blutdrucks und der Herzfrequenz beim Training der gesunden Seite gegenüber der operierten Seite deutliche Differenzen bestanden. Innerhalb aller Vergleiche waren signifikante Unterschiede zu konstatieren. Zu Reha-Beginn betrug die Sauerstoffaufnahme für die gesunde Seite **30%** und für die operierte Seite **24%** der VO_{2max} . Zum Reha-Abschluss waren zwischen den kardiopulmonalen Werten keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Bei etwa gleicher isokinetischer Kraft zeigten die jeweiligen Werte zwischen beiden Seiten lediglich geringe oder keine Differenzen, wie der systolische Blutdruck und die Herzfrequenz. Die Werte der Sauerstoffaufnahme zum Reha-Abschluss ergaben gleichermaßen **25%** für die gesunde und für die operierte Seite der maximalen Sauerstoffaufnahme.

Tab. 46 Vergleich ausgewählter Parameter bei der Übung Adduktion zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss zwischen gesunder und operierter Seite. Angabe der Mittelwerte, Standardabweichung in Klammern, Signifikanzniveau.

Parameter	Reha-Beginn			Reha-Abschluss		
	Add gesund	Add operiert	Signifikanz	Add gesund	Add operiert	Signifikanz
VO₂ [ml/min]	597 (±168)	472 (±107)	****	608 (±130)	602 (±117)	n.s.
VO₂ [ml/min/kg]	7,7 (±2,0)	6,2 (±1,6)	****	7,9 (±1,7)	7,9 (±1,7)	n.s.
RR (sys/dia) [mmHg]	156/104 (±21,4/10,5)	135/93 (±12,8/8,8)	****/***	163/106 (±31,7/12,4)	163/104 (±28,9/9,8)	n.s./n.s.
Hf [S/min]	98 (±18,8)	89 (±15,1)	****	97 (±17,3)	97 (±15,7)	n.s.

5.2.2.6 Übung am Doppelseilzug

Am Doppelseilzug konnten die Patienten die absolvierte Gewichtsbelastung im Vergleich vom Reha-Beginn bis zum Reha-Abschluss deutlich verbessern (Abb. 62). Die Gewichtsbelastung an diesem Gerät konnte von **2,9** ($\pm 1,3$) Kg auf **4,3** ($\pm 1,4$) Kg gesteigert werden, was einer Verbesserung um **48%** entspricht. Der Unterschied war signifikant.

Die mittlere Sauerstoffaufnahme der Patienten nahm im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss von **686** (± 176) ml/min auf **760** (± 169) ml/min zu (Abb. 63). Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied. Im Verhältnis zur VO_{2max} entsprachen die Werte **32%** zu Reha-Beginn und **31%** zum Reha-Abschluss. Die Herzfrequenz veränderte sich zwischen beiden Messungen von **92** ($\pm 16,6$) S/min auf **98** ($\pm 15,1$) S/min, was keinen signifikanten Unterschied darstellte. Eine Blutdruckmessung fand aufgrund der beidarmigen Durchführung der Übung und der damit verbundenen Messschwierigkeit nicht statt.

Doppelseilzug

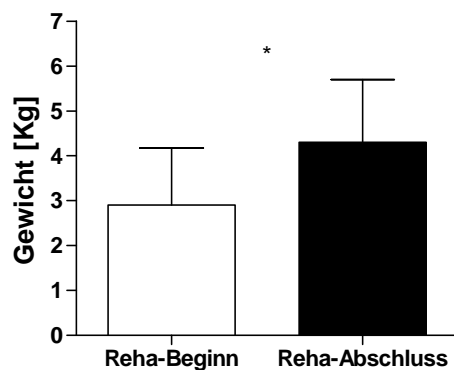


Abb. 62 Gewichtsbelastung am Doppelseilzug zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

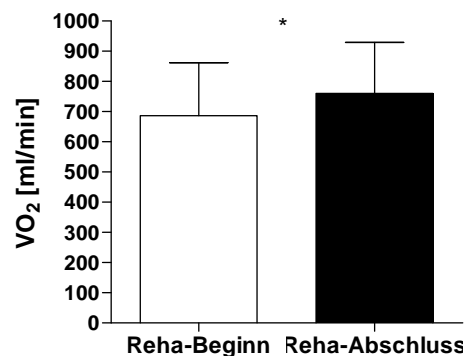


Abb. 63 Sauerstoffaufnahmewerte am Doppelseilzug zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

5.2.2.7 Handkurbelergometer

Beim Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss ließ sich feststellen, dass die Patienten ihre Leistung am Handkurbelergometer deutlich verbessern konnten (Abb. 64). Der Unterschied war signifikant. Eine zu Beginn erreichte Leistung an der Handkurbel von **16,9** ($\pm 10,0$) Watt im Mittel konnte auf **35,3** ($\pm 10,5$) Watt zum Reha-Abschluss erhöht werden. Dies entsprach einer Verbesserung um **109%**. Die durchschnittliche Sauerstoffaufnahme stieg von **757** (± 192) ml/min auf **974** (± 231) ml/min, was einen signifikanten Unterschied anzeigte (Abb. 65). Zu Reha-Beginn entsprachen die Werte **37%** und zum Reha-Abschluss **40%** der VO_{2max} . Der systolische und diastolische Blutdruck erhöhte sich von **134** ($\pm 11,2$) mmHg auf **150** ($\pm 22,8$) mmHg und von **84** ($\pm 8,1$) mmHg auf **91** ($\pm 9,8$) mmHg, in dieser Reihenfolge. Beide Differenzen spiegelten einen signifikanten Unterschied wider. Ebenfalls stieg die Herzfrequenz bei diesen Belastungen von **93** ($\pm 16,9$) auf **99** ($\pm 15,5$) S/min. Der Unterschied war signifikant.

Handkurbelergometer

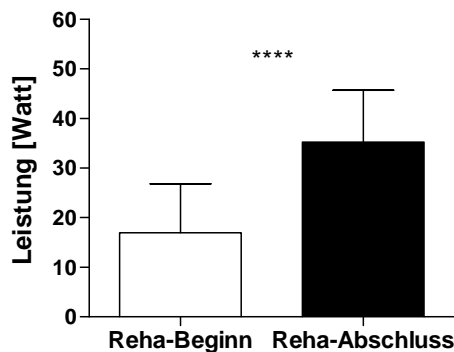


Abb. 64 Leistung am Handkurbelergometer zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

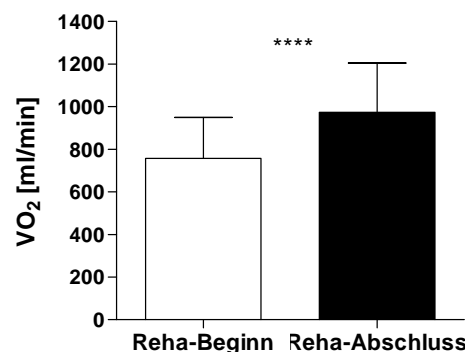


Abb. 65 Sauerstoffaufnahmewerte am Handkurbelergometer zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

5.2.2.8 Fahrradergometer

Die Patienten konnten die Leistung auf dem Fahrradergometer von im Mittel **73,9** ($\pm 23,1$) Watt zu Reha-Beginn auf **95,6** ($\pm 29,4$) Watt zum Reha-Abschluss steigern (Abb. 66). Damit verbesserten sich die Patienten um **29%**. Der Unterschied war signifikant. Da das Ergometertraining mit dem Fahrrad einen fakultativen Bestandteil des Therapieprogramms darstellte, trainierten ausschließlich 14 Patienten auf dem Fahrradergometer. Daraus folgend wurde für den Bezug die VO_{2max} der 14 Patienten berücksichtigt. Die durchschnittliche Sauerstoffaufnahme stieg von **1415** (± 374) ml/min auf **1549** (± 390) ml/min (Abb. 67). Ein signifikanter Unterschied lag vor. Die Sauerstoffaufnahme entsprach zu Reha-Beginn **74%** und zum Reha-Abschluss **61%** der VO_{2max} .

Der systolische und diastolische Blutdruck stieg von **144** ($\pm 12,0$) mmHg auf **155** ($\pm 29,5$) mmHg und von **80** ($\pm 9,4$) mmHg auf **82** ($\pm 12,3$) mmHg, in dieser Reihenfolge, was keinen signifikanten Unterschied darstellte. Die Herzfrequenz erhöhte sich von **114** ($\pm 18,7$) S/min auf **124** ($\pm 20,6$) S/min. Der Unterschied war signifikant.

Fahrradergometer

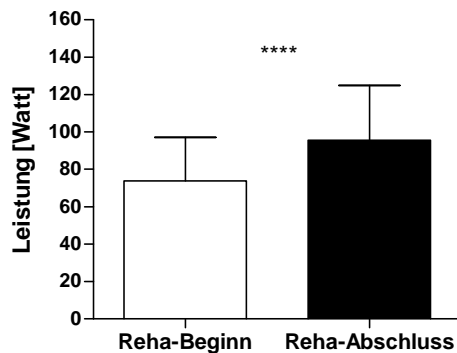


Abb. 66 Leistung am Fahrradergometer zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

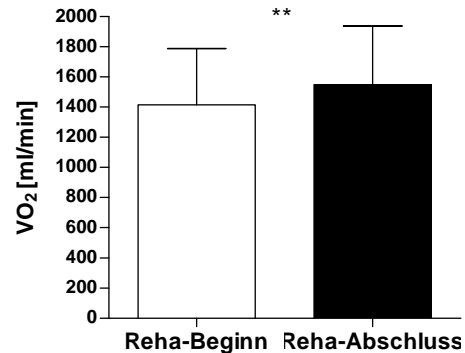


Abb. 67 Sauerstoffaufnahmewerte am Fahrradergometer zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

5.2.2.9 Krankengymnastik

In der Krankengymnastik erfolgte die Anwendung vielfältiger, nicht standardisierter, sondern individueller Methoden, welche an den Therapiestand des Patienten angepasst waren. Zu Beginn der postoperativen Therapie kamen passive, die Beweglichkeit fördernde und Schmerz senkende Maßnahmen zum Einsatz. Im Verlauf der Rehabilitation wurden diese

durch aktiv-assistive und aktive Bewegungsübungen ersetzt. Eine Steigerung der Belastungsintensität galt bei optimalem Therapieverlauf als obligatorisch.

Die Werte der Sauerstoffaufnahme veränderten sich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss unwesentlich (Abb. 68). Zu Reha-Beginn betrug die Sauerstoffaufnahme **499** (± 146) ml/min und zum Reha-Abschluss **517** (± 140) ml/min. Es war kein signifikanter Unterschied zu konstatieren. Während der Krankengymnastik entsprach die Sauerstoffaufnahme **25%** zu Reha-Beginn und **21%** zum Reha-Abschluss der VO_{2max} . Zwischen den Blutdruckwerten zeigten sich keine relevanten Differenzen im Vergleich vom Reha-Beginn und Reha-Abschluss. Bezüglich der Herzfrequenz wurde derselbe Wert zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss gemessen.

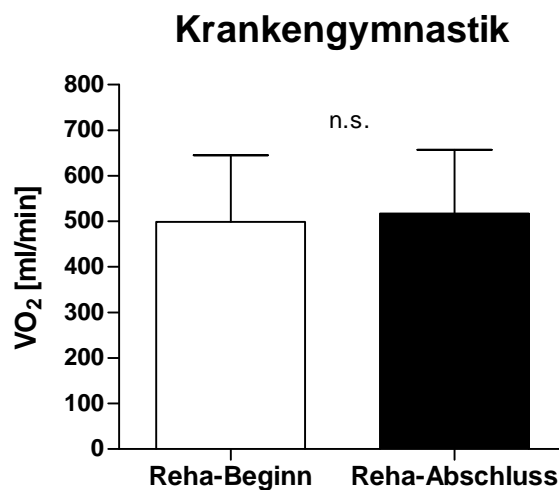


Abb. 68 Sauerstoffaufnahmewerte während der Krankengymnastik zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Zusammenfassung:

1. Die Patienten konnten die isokinetische Kraft im Verlauf der Rehabilitation auf der gesunden und operierten Seite verbessern. Es wurden Steigerungen der Kraft bei der Außenrotation, Innenrotation, Adduktion auf der operierten Seite um 70%, 105%, 83% und auf der gesunden Seite um 21%, 11%, 7% erreicht. Zum Reha-Abschluss waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Werten der gesunden und operierten Seite zu konstatieren.
2. Zu Reha-Beginn wurden folgende kardiopulmonale Messgrößen bei den isokinetischen Übungen erfasst: Die Werte der Sauerstoffaufnahme lagen zwischen 472 ml/min und 597 ml/min. Dies entsprach 24% bis 30% der VO_{2max} . Die systolischen Blutdruckwerte betrugen 135 mmHg bis 159 mmHg und die diastolischen 93 mmHg bis 106 mmHg. Die Messung der Herzfrequenz ergab Werte zwischen 89 S/min und 98 S/min.

3. Zum Reha-Abschluss wurden für die kardiopulmonalen Parameter diese Werte bei den isokinetischen Übungen gemessen: Die Sauerstoffaufnahme betrug zwischen 564 ml/min und 609 ml/min. Dies entsprach 25% bis 26% der VO_{2max} . Die systolischen Blutdruckwerte lagen zwischen 159 mmHg und 169 mmHg und die diastolischen zwischen 103 mmHg und 108 mmHg. Es wurden Herzfrequenzwerte in einem Bereich von 96 S/min bis 98 S/min erfasst.
4. Zum Reha-Abschluss waren bei den kardiopulmonalen Messgrößen beim Training zwischen der gesunden und operierten Seite keine wesentlichen Differenzen zu erkennen. Alleinig beim systolischen Blutdruck bei der Außenrotation zeigte sich ein signifikanter Unterschied.
5. Am Doppelseilzug konnten die Patienten im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss die zu absolvierende Gewichtsbelastung von 2,9 Kg auf 4,3 Kg steigern. Die Sauerstoffaufnahme stieg von 685 ml/min auf 760 ml/min. Die Werte der Herzfrequenz betrugen zu Reha-Beginn 92 S/min und zum Reha-Abschluss 98 S/min.
6. Die Patienten wiesen im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss eine Steigerung der Leistung beim Handkurbelergometer um 109% und beim Fahrradergometer um 29% auf. In der Reihenfolge für Handkurbel- und Fahrradergometer ergaben sich folgende kardiopulmonale Messgrößen zu Reha-Beginn: Die Werte der Sauerstoffaufnahme betrug 758 ml/min und 1415 ml/min. Das entsprach 37% und 74% der VO_{2max} . Es wurden systolische Werte von 134 mmHg und 144 mmHg und diastolische von 84 mmHg und 80 mmHg gemessen. Als Herzfrequenzwerte wurden 93 S/min und 114 S/min erfasst.

Zum Reha-Abschluss waren an der Handkurbel und am Fahrradergometer jeweils höhere Werte zu konstatieren: Die Sauerstoffaufnahme stieg auf 974 ml/min und 1549 ml/min, entsprechend 40% und 61% der VO_{2max} . Es waren systolische Blutdruckwerte von 150 mmHg und 155 mmHg und diastolische von 91 mmHg und 82 mmHg erfasst worden. Die Herzfrequenzen stiegen auf 99 S/min und 124 S/min.
7. Innerhalb der Krankengymnastik wurden keine wesentlichen Veränderungen der kardiopulmonalen Größen zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss festgestellt. Die Sauerstoffaufnahme betrug zu Reha-Beginn 499 ml/min und zum Reha-Abschluss 517 ml/min. Der Blutdruck lag bei 126/79 mmHg zu Reha-Beginn und bei 122/85 mmHg zum Reha-Abschluss. Für die Herzfrequenz ließ sich derselbe Wert von 83 S/min für Reha-Beginn und Reha-Abschluss messen.

5.2.3 Vergleich der einzelnen Messgrößen bei den Therapieanforderungen zu Beginn und zum Abschluss des Rehabilitationsprogramms

Im folgenden Abschnitt werden die Messparameter Sauerstoffaufnahme, Blutdruck und Herzfrequenz entsprechend der Therapieinhalte vergleichend gegenübergestellt.

5.2.3.1 Sauerstoffaufnahmewerte während der Therapieanforderungen

Aus der Abbildung 69 ist ersichtlich, dass die Werte der Sauerstoffaufnahme der Patienten bei allen Therapieanforderungen im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss anstiegen. In einem signifikanten Unterschied spiegelte sich dies bei den Werten am Doppelseilzug, am Handkurbel- und Fahrradergometer und den Bewegungsübungen an der Seilzugisokinetik mit der operierten Seite wider. Die höchsten Sauerstoffaufnahmewerte waren auf dem Fahrradergometer sowohl zu Reha-Beginn als auch zum Reha-Abschluss gemessen worden. Es wurden Werte von **1415** (± 374) ml/min und **1549** (± 390) ml/min registriert. Bei der Krankengymnastik zeigte sich in den Werten der Sauerstoffaufnahme zwischen den beiden Testtagen kein signifikanter Unterschied. Beim Training der Patienten an der Seilzugisokinetik war festzustellen, dass die Werte der Sauerstoffaufnahme beim Beüben der gesunden Seite keinen signifikanten Unterschied zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss bei allen durchgeführten Bewegungsübungen aufwiesen. Im Gegensatz dazu präsentierten sich deutliche Anstiege der Sauerstoffaufnahme beim Training der operierten Seite zwischen Therapiebeginn und Therapieabschluss. Die Unterschiede waren signifikant. Im Vergleich zwischen operierter und gesunder Seite und im Hinblick auf die jeweilige Bewegungsübung ließ sich feststellen, dass die Werte der Sauerstoffaufnahme zum Reha-Abschluss lediglich geringe Abweichungen innerhalb der Seite und der Übungen zeigten. Im Mittel lagen die Werte der Sauerstoffaufnahme zwischen **569** (± 119) ml/min und **609** (± 139) ml/min bei allen untersuchten Bewegungsübungen.

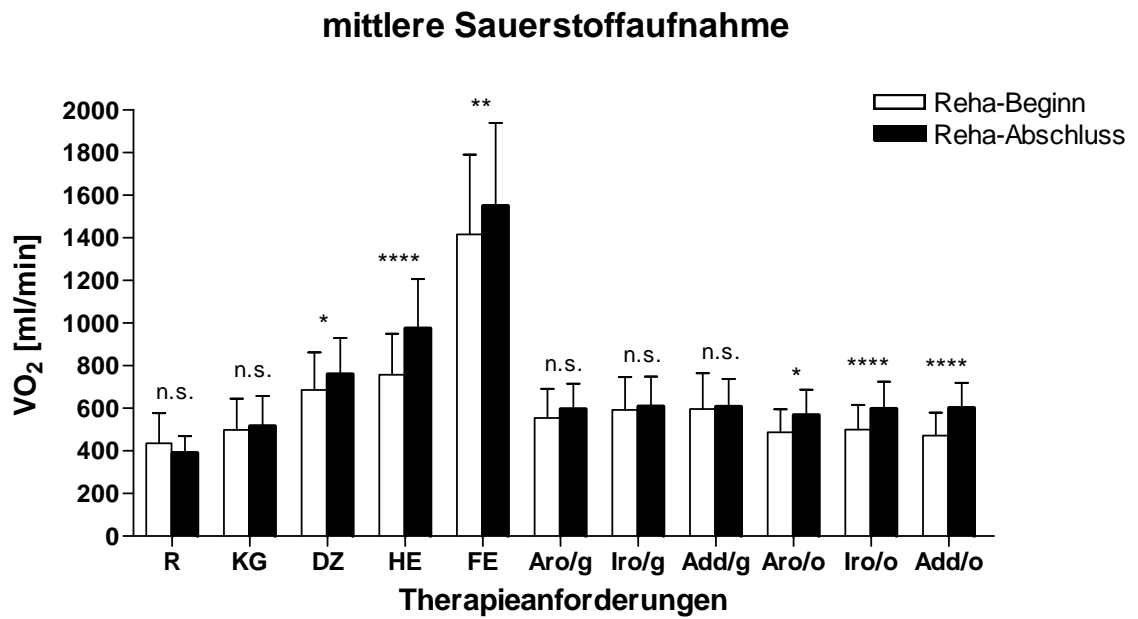


Abb. 69 Sauerstoffaufnahmewerte bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. R-Ruhe, KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

5.2.3.2 Sauerstoffaufnahmewerte während der Therapieanforderungen in Relation zur maximalen Sauerstoffaufnahme

Aus der Abbildung 70 sind die Prozentsätze der Sauerstoffaufnahme während der Therapieanforderungen in Bezug zur maximalen Sauerstoffaufnahme aus den Doppelstufentests jeweils zu Beginn und zum Abschluss der Reha zu entnehmen.

Die Sauerstoffaufnahmewerte der Patienten auf dem Fahrradergometer waren zu Reha-Beginn mit **74%** und zum Reha-Abschluss mit **61%** der VO_{2max} am höchsten. Im Gegensatz dazu zeigten die Werte der Sauerstoffaufnahme bei der Krankengymnastik zum Reha-Abschluss mit **21%** der VO_{2max} die niedrigsten Werte. An der Seilzugisokinetik ließen sich innerhalb der Übungen und im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss lediglich geringfügige Differenzen bei der prozentualen Sauerstoffaufnahme der Patienten vorweisen. Die Werte lagen alle in einem Bereich zwischen 24% und 30% der VO_{2max} .

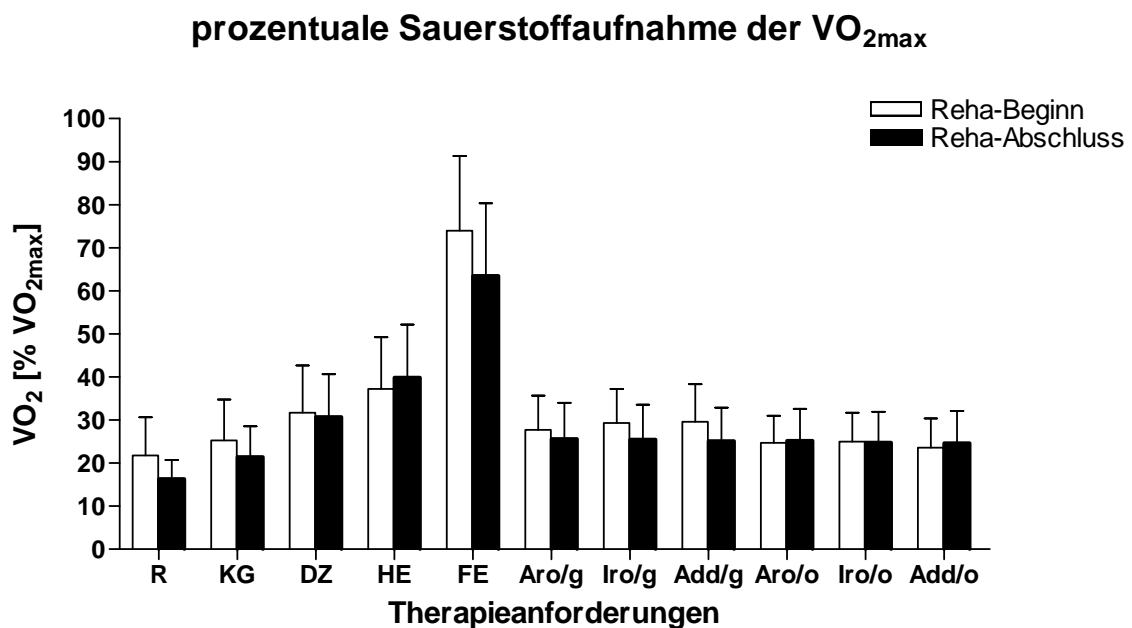


Abb. 70 Sauerstoffaufnahme in Prozent der maximalen Sauerstoffaufnahme bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss. R-Ruhe, KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung.

5.2.3.3 Belastungsinduzierte mittlere Sauerstoffmehraufnahme während der Therapieanforderungen

Die Werte für die grafische Darstellung der belastungsinduzierten mittleren Sauerstoffmehraufnahme ergaben sich aus der Differenz der vermehrten Sauerstoffaufnahme aufgrund einer Belastungsanforderung und der Sauerstoffaufnahme im Ruhezustand (Abb. 71). Es waren geringe Anstiege der Sauerstoffaufnahme durch die Maßnahmen bei der Krankengymnastik festzustellen. Zwischen den Werten zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss ergab sich kein signifikanter Unterschied. Das Ergometertraining betreffend präsentierten sich weitaus höhere Aufnahmewerte für Sauerstoff beim Therapietraining als bei den anderen Anforderungen. Es waren signifikante Unterschiede zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss zu konstatieren. Bei der Übungsdurchführung an der Seilzugisokinetik erhöhte sich die Sauerstoffaufnahme bei den Patienten zu beiden Messzeitpunkten geringfügig. Für die Werte der Sauerstoffmehraufnahme bei den Übungen Außenrotation der gesunden Seite und für alle drei Bewegungsübungen der operierten Seite an der Seilzugisokinetik ließ sich im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss ein signifikanter Unterschied feststellen. Insgesamt lagen die Werte der Sauerstoffmehraufnahme bei den Isokinetikübungen auf beiden Seiten zum Reha-Abschluss in einem Bereich zwischen **269** (± 118) ml/min und **310** (± 128) ml/min.

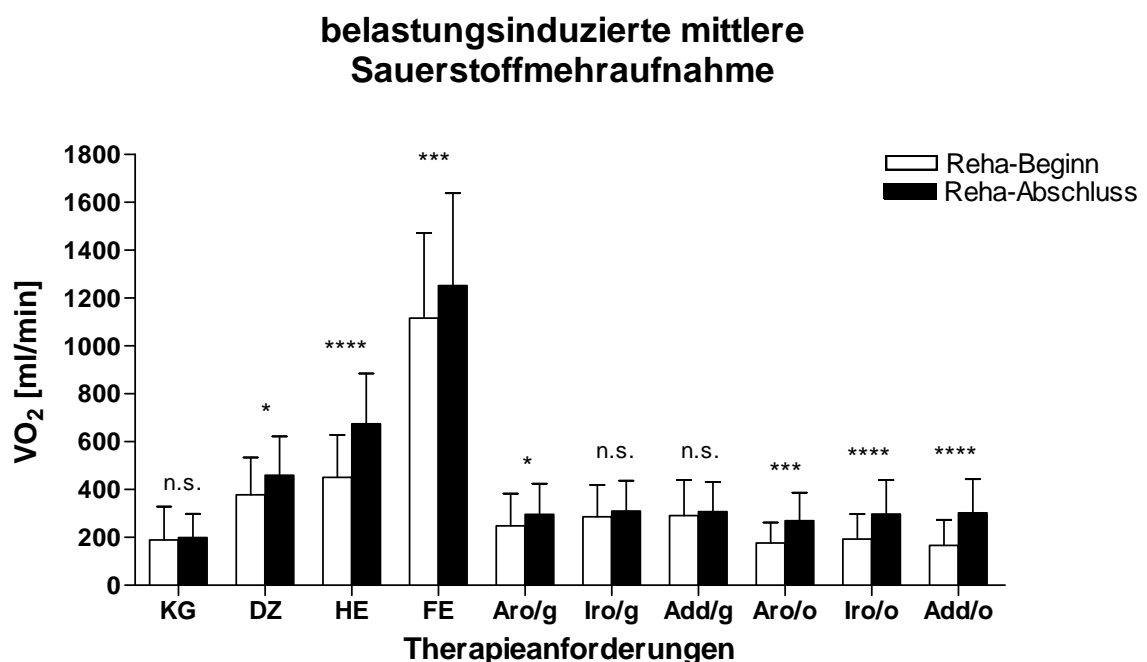


Abb. 71 Belastungsinduzierte mittlere Sauerstoffmehraufnahme bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

5.2.3.4 Relative Sauerstoffaufnahmewerte während der Therapieanforderungen

Die Patienten zeigten Anstiege der Werte für die relative Sauerstoffaufnahme im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss am Doppelseilzug, am Handkurbelergometer, am Fahrradergometer und bei den Seilzugübungen der operierten Seite (Abb. 72). Die Unterschiede waren signifikant. Am Handkurbelergometer ließen sich die größten Veränderungen feststellen. Zu Reha-Beginn wurden Werte von **9,9** ($\pm 2,5$) ml/min/kg und zum Reha-Abschluss von **12,6** ($\pm 2,8$) ml/min/kg erfasst.

An der Seilzugisokinetik zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss waren auf der gesunden Seite keine wesentlichen Änderungen der Werte zu erkennen. Für die operierte Seite war festzustellen, dass bei allen drei Bewegungsübungen die relative Sauerstoffaufnahme anstieg. Zwischen den Abschlusswerten auf der gesunden und operierten Seite präsentierten sich keine wesentlichen Unterschiede. Diese lagen im Bereich von 7,4 ($\pm 1,5$) ml/min/kg und 7,9 ($\pm 1,8$) ml/min/kg.

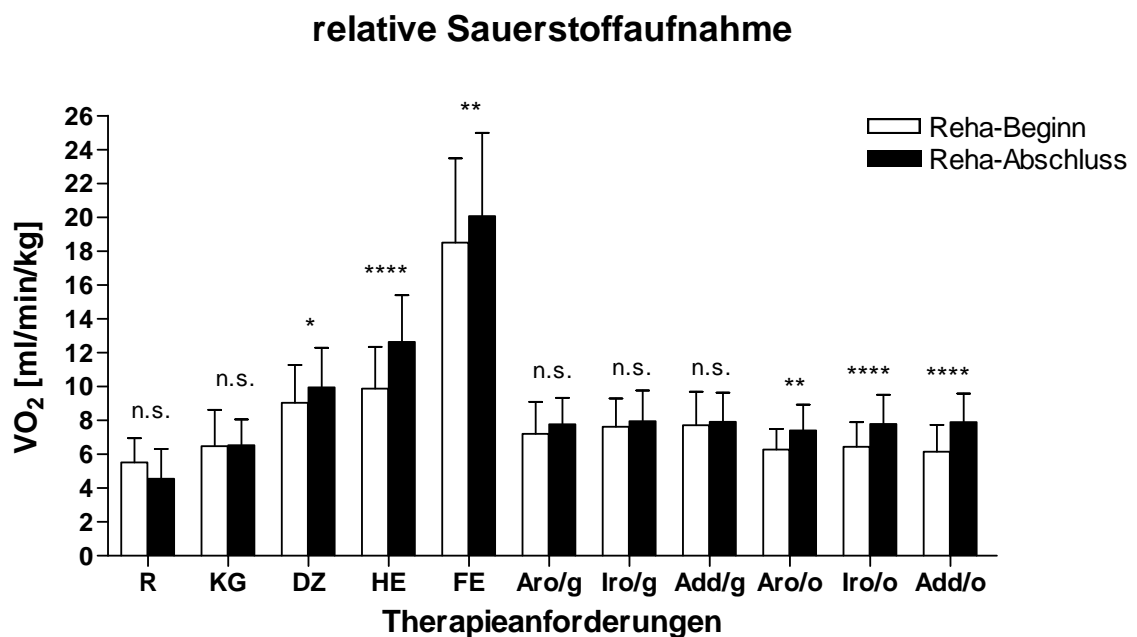


Abb. 72 Relative Sauerstoffaufnahmewerte bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. R-Ruhe, KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

5.2.3.5 Blutdruckwerte während der Therapieanforderungen

Bei den Blutdruckwerten ließ sich feststellen, dass sich im Vergleich vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss die systolischen und diastolischen Blutdruckwerte innerhalb der Krankengymnastik und beim Fahrradergometer unwesentlich anstiegen (Abb. 73). Es war kein signifikanter Unterschied nachzuweisen. Die Angabe der Signifikanzniveaus wurde aufgrund der gemeinsamen Darstellung des systolischen und diastolischen Blutdrucks in der Grafik ausgelassen. Entsprechende Veränderungen werden im Text erläutert. Einen signifikanten Unterschied zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss ergab sich bei den Blutdruckwerten an der Handkurbel. Der systolische Wert stieg von **134** ($\pm 11,2$) mmHg auf **150** ($\pm 22,8$) mmHg ($p < 0,005$) und der diastolische Wert von **84** ($\pm 8,1$) mmHg auf **91** ($\pm 9,8$) mmHg ($p < 0,05$) an. Außerdem war festzustellen, dass sich zwischen den Blutdruckwerten im Ruhezustand und der Krankengymnastik, sowohl am Anfang als auch am Ende der Rehabilitation, keine wesentlichen Unterschiede ergaben.

Die systolischen Blutdruckwerte beim Training der Patienten an der Seilzugisokinetik zeigten auf der gesunden Seite bei der Außenrotation und Adduktion höhere Werte zum Reha-Abschluss als zu Reha-Beginn. Es lagen signifikante Unterschiede bei beiden Vergleichen vor ($p < 0,05$). Im Gegensatz dazu ließen die diastolischen Werte bei den Übungen keine wesentliche Veränderung erkennen. Bei der Innenrotation auf der gesunden Seite konnten zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss geringfügige Anstiege systolisch und diastolisch festgestellt werden. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Die Blutdruckwerte im Bezug vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss beim Training der operierten Seite ließen innerhalb der Übungen Innenrotation und Adduktion sowohl systolisch als auch diastolisch Anstiege erkennen, was sich in signifikanten Unterschieden widerspiegelte. Bei der Übung Außenrotation lag ausschließlich der systolische Wert zum Abschluss höher als zum Anfang der Therapie. Der höchste systolische Blutdruckwert innerhalb aller Therapieanforderungen wurde bei der Außenrotation der gesunden Seite zum Abschluss der Therapie erreicht. Dieser lag bei **169** (± 29) mmHg. Der höchste diastolische Wert zeigte **108** (± 9) mmHg und war bei der Übung Innenrotation der gesunden Seite zum Reha-Abschluss gemessen worden.

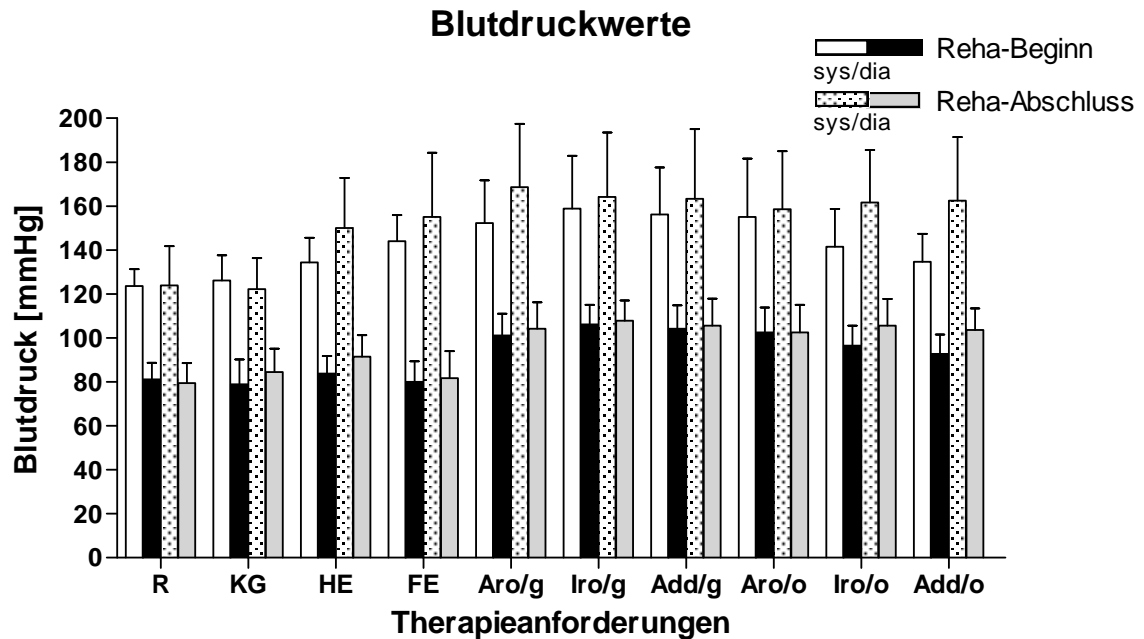


Abb. 73 Blutdruckwerte bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. R-Ruhe, KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung.

5.2.3.6 Herzfrequenzwerte während der Therapieanforderungen

Im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss ergaben sich für die Werte der Herzfrequenz bei der Krankengymnastik und der Übung am Doppelseilzug keine signifikanten Unterschiede (Abb. 74). Die niedrigsten Herzfrequenzwerte von jeweils **83** ($\pm 14,2$) S/min wurden bei der Krankengymnastik zum Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss gemessen. Geringe Anstiege der Herzfrequenz im Vergleich vom Beginn und vom Abschluss der Reha zeigten sich am Handkurbel- und Fahrradergometer. Ein signifikanter Unterschied war festzustellen. Beim Training auf dem Fahrradergometer zum Reha-Abschluss wurden die höchsten Herzfrequenzwerte von im Mittel **124** (± 21) S/min erreicht.

Die Werte der Herzfrequenz zeigten keine wesentlichen Anstiege beim Training der gesunden Seite an der Seilzugisokinetik zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss. Signifikante Unterschiede waren nicht nachzuweisen. Alle Werte lagen in einem Bereich zwischen **94** S/min und **98** S/min. Hingegen ließen sich relevant höhere Werte zum Abschluss der Therapie als zu Beginn beim Training der operierten Seite an der Seilzugisokinetik feststellen. Die Werte stiegen um **7** S/min bei der Außenrotation und Innenrotation und um **8** S/min bei der Adduktion an.

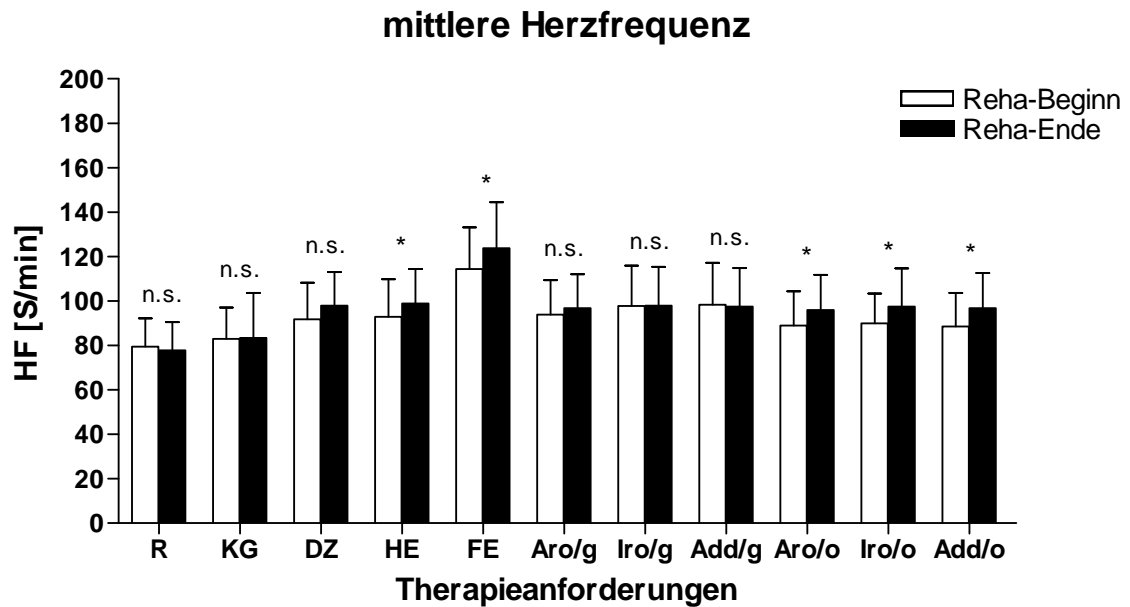


Abb. 74 Herzfrequenzwerte bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. R-Ruhe, KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.

Zusammenfassung:

1. Zu Reha-Beginn wurden die höchsten Sauerstoffaufnahmewerte beim Fahrradergometer von 1415 ml/min und die geringsten Werte bei der Adduktion operiert von 472 ml/min ermittelt. Zum Reha-Abschluss ergaben sich die höchsten Werte der Sauerstoffaufnahme wiederum beim Fahrradergometer von 1549 ml/min und die geringsten Werte bei der Krankengymnastik von 517 ml/min.
2. Die höchsten systolischen und diastolischen Blutdruckwerte wurden bei der Innenrotation gesund mit 159 mmHg und 106 mmHg und die geringsten bei der Krankengymnastik mit 126 mmHg und 79 mmHg zu Reha-Beginn gemessen. Zum Reha-Abschluss ergab die Messung des Blutdruckes die höchsten systolischen und diastolischen Werte bei der Außenrotation gesund von 169 mmHg und Innenrotation gesund von 108 mmHg. Am geringsten war der systolische Wert bei der Krankengymnastik von 122 mmHg und der diastolische Wert beim Fahrradergometer von 82 mmHg.
3. Sowohl zu Reha-Beginn als auch zum Reha-Abschluss waren die Werte der Herzfrequenz der Patienten beim Fahrradergometer mit 114 S/min und 124 S/min am höchsten und bei der Krankengymnastik mit jeweils 83 S/min am niedrigsten.

6 Diskussion

Im folgenden Kapitel wird zu den gewonnenen Ergebnissen und den eingesetzten Verfahren aus der Untersuchung zur Seilzugisokinetik und der leistungsdagnostischen Untersuchung Stellung genommen.

6.1 Untersuchung mit dem isokinetischen Seilzugsystem „Moflex®“

Einen Schwerpunkt dieser Arbeit bildete die Erstellung isokinetischer Referenzwerte für die funktionelle Kraftentwicklung nach Operationen am Schultergelenk verschiedener Indikationen. Bei den dafür zugrunde liegenden Diagnosen handelt es sich um häufig auftretende Erkrankungen und Verletzungen an der Schulter, die vordere Instabilität, das Impingement-Syndrom und die Rotatorenmanschettenruptur. Es bestand die Absicht, nach Geschlecht und Indikation getrennte, isokinetische Kraftverläufe für die Referenzwerterstellung in Abhängigkeit von weiteren rehabilitationsspezifischen Parametern zu evaluieren. Aufgrund der Tatsache, dass neben der funktionellen Kraftentwicklung gleichermaßen andere Einflussgrößen innerhalb des therapeutischen Prozesses und in der Gesamtbeurteilung einen ebenso bedeutenden Stellenwert einnehmen, galt für diese Untersuchung neben der Erfassung der isokinetischen Kraftwerte, die Registrierung von relevanten Parametern der Rehabilitation als obligater Bestandteil. Abgesehen von den objektiven Faktoren wie Kraft und Beweglichkeit, sind dies die subjektiven Einschätzungen der Patienten zum Schmerzverhalten und die Beurteilung der Funktionalität der Schulter im Alltag, Beruf und Sport. Erst die Berücksichtigung aller Einzelfaktoren und deren Zusammenhang ermöglicht es, eine exakte Aussage bezüglich des Therapiefortschrittes innerhalb der Rehabilitation und die Effizienz der erfolgten Maßnahme zu beurteilen.

Im folgenden Teil wird auf die erhobenen Daten der isokinetischen Kraftentwicklung zur Erstellung der Referenzwerte und deren beeinflussende Parameter, auf die eingesetzten Methoden und gruppenspezifische Besonderheiten näher eingegangen.

6.1.1 Patienten

In die Untersuchung wurden Patienten mit vorderer Instabilität, Impingement-Syndrom und Rotatorenmanschettenruptur nach erfolgter Operation einbezogen. Diese Krankheitsbilder sind bei den Indikationsstellungen an der Schulter in der Bevölkerung häufig anzutreffen. Sie unterliegen teilweise dem Alterseinfluss, treten altersabhängig und geschlechtsspezifisch auf.

Die Inzidenz während des Lebens eine Instabilität zu erleiden, liegt bei 1,7% (Hovelius 1982) und betrifft eher jüngere Männer. Mit ca. 50% ist die Schulter vorherrschend bei den Gelenkluxationen des Menschen (Wiedemann 2002b). Bezüglich der Prävalenz für eine Impingement-Symptomatik und eine Rotatorenmanschettenruptur wurde in verschiedenen Studien die Altersabhängigkeit (Milgrom et al. 1995, Bonsell et al. 2000, Löhr und Uhthoff 2007), degenerative Veränderungen (Ozaki et al. 1988) und andere beeinflussende Faktoren (Ogata und Uhthoff 1990) beschrieben.

Mit dem Einschluss dieser alterstypischen und häufig auftretenden Diagnosen an der Schulter kann die Untersuchung Ergebnisse liefern, welche für die klinische und therapeutische Praxis relevant und nützlich sind.

Alle Patienten operierte derselbe Orthopäde, womit ein identisches indikationsspezifisches intraoperatives Vorgehen gewährleistet blieb.

Als Einschlusskriterien für die einzelnen Gruppen galt für Patienten mit Rotatorenmanschettenruptur, die alleinige Läsion der Supraspinatussehne ohne Beteiligung anderer Sehnen, für Patienten mit Impingement-Syndrom, das Existieren eines subakromialen Impingement-Syndroms ohne Partialläsion und für Patienten mit Instabilität, das Vorliegen einer traumatischen vorderen Instabilität. Mit diesen Einschlussmerkmalen für die jeweilige Gruppenzugehörigkeit bleibt ein späterer Vergleich rehabilitationsspezifischer Faktoren derselben Diagnosen mit anderen klinischen Parametern, z. B. ein subakromiales Impingement-Syndrom mit Partialläsion, gewährleistet.

Bezüglich des Alters wurden keine Gruppenausschlüsse vollzogen. Die Prävalenz altersabhängig eine bestimmte Schultersymptomatik aufzuweisen ist gegeben. So weisen jüngere Patienten eher Instabilitäten auf. Dies ist erkennbar am Durchschnittsalter der Instabilitätsgruppe in dieser Untersuchung und wird durch die Angaben in der Literatur bestätigt (Ambacher et al. 2000, Bottoni et al. 2006, Antonio et al. 2007, Lützner et al. 2009). Die Prävalenz der Rotatorenmanschettenruptur nimmt mit höherem Alter deutlich zu (Milgrom et al. 1995). Dennoch wurden altersunabhängig alle Patienten berücksichtigt, folglich auch

z. B. ein 50-Jähriger mit einer traumatischen vorderen Instabilität in die Gruppe integriert. Es bestand innerhalb der Gruppen zwischen den Männern und Frauen bezüglich des Alters kein signifikanter Unterschied, womit eine altersgemäße Übereinstimmung für Gegenüberstellungen dieser garantiert blieb. Zur Sicherstellung der Homogenität innerhalb der Gruppen erfolgte die Aufteilung der Patienten entsprechend der Diagnose in drei verschiedene Gruppen zu jeweils 30 Patienten, welche wiederum geschlechtsspezifisch einer Unterteilung zu jeweils 15 Männern und 15 Frauen unterlagen, außer bei der Instabilitätsgruppe. Für diese Gruppe konnten in die Untersuchung lediglich 10 Frauen, dafür aber 20 Männer integriert werden. Der geringe Frauenanteil lässt sich mit der deutlich höheren Prävalenz der Männer eine traumatische Instabilität zu erleiden, erklären (Hovelius 1982). Mit der Auswahl der Einschlusskriterien für die Indikationsgruppen wird ein hoher Wert auf die Spezifität der einzelnen Gruppe gelegt, womit die Patientenzahl als ausreichend bewertet wird und repräsentative Ergebnisse erwartet werden können.

Zusammenfassung:

1. Das Erscheinungsbild von Verletzungen und Erkrankungen des Schultergelenkes zeigt sich „alterstypisch“ und geschlechtsspezifisch.
2. Einschlusskriterien für diese Untersuchung, Anzahl und Durchschnittsalter der Männer/Frauen:
 - Impingement-Syndrom ohne Partialläsion: 15/ 15 und 52/ 46 Jahre
 - Ruptur der Supraspinatussehne: 15/ 15 und 59/ 62 Jahre
 - ventrale Schulterinstabilität: 20/ 10 und 25/ 27 Jahre

6.1.2 Postoperativer Beginn der Medizinischen Trainingstherapie

Der Zeitpunkt des Beginns mit dem komplexen Rehabilitationsprogramm – insbesondere der Medizinischen Trainingstherapie – hängt in entscheidendem Maß von der postoperativen indikationsspezifischen Immobilisationsphase des Schultergelenkes ab. Die Auffassungen der behandelnden Ärzte variieren durch ihre Erfahrungen erheblich. Es gibt enorme zeitliche Differenzen für die postoperative Ruhigstellung des Gelenkes. Einige favorisieren einen möglichst frühzeitigen Beginn, um die Folgen einer längeren Immobilisation zu minimieren. Andere geben der Gewebeheilung die Priorität und somit der länger dauernden Ruhigstellung. Kim et al. (2003) untersuchten den frühzeitigen Beginn nach arthros-

kopischem Bankart-repair und fanden, was den Schmerz und die Patientenzufriedenheit betrifft, bessere Ergebnisse als bei den Patienten mit 3 Wochen Ruhigstellung. Andere Autoren berichteten von guten funktionellen Ergebnissen bei Immobilisationszeiten von 3 bis 4 Wochen nach offenen Bankart-Operationen an der Schulter (McDermott et al. 1999, Ambacher et al. 2000, Weiss et al. 2004). Für welches Vorgehen sich der Operateur entscheidet und welche postoperativen therapeutischen Richtlinien er aufträgt, hängt von seinen persönlichen Erfahrungen und Kenntnissen ab.

In der vorliegenden Untersuchung verordnete der Orthopäde für die Patienten mit arthroskopisch subakromialer Dekompression keine Ruhigstellung des Schultergelenks. Den Patienten mit ventraler Stabilisierung und Rotatorenmanschettenrekonstruktion wurden vom Operateur jeweils 4 Wochen Ruhigstellung, im Sinne eines Gilchrist-Verbandes bzw. einer Orthese verschrieben. Diese unterschiedlichen Zeiträume der Immobilisation wirkten sich dementsprechend auf den Beginn der MTT aus. So begannen die weiblichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression nach 18 und die männlichen Patienten nach 20 Tagen mit der MTT. In den ca. 2,5 bis 3 Wochen vor Beginn der MTT erhielten die Patienten ausschließlich eine krankengymnastische Behandlung. Die weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion trainierten nach 40 und die männlichen Patienten nach 42 postoperativen Tagen in der MTT. Dies entspricht ca. 6 Wochen. Demnach erhielten diese Patienten nach Entfernung der Orthese ebenfalls 2 Wochen Physiotherapie, bevor sie mit der MTT begannen.

In der Literatur lassen sich dazu verschiedene Angaben finden. Felder et al. (1998) beschreiben nach Rekonstruktion der Supraspinatussehne einen Beginn der MTT mit der 3. postoperativen Woche. Dabei erfolgt in Absprache mit dem Arzt die Beübung des Gelenkes in der Thoraxabduktionsschiene unter Einsatz der Isokinetik. Andere Autoren favorisieren nach offener Rekonstruktion der Rotatorenmanschette Ruhigstellungszeiten von 6 Wochen (van Linthoudt et al. 2003). Eine Studie von Lüring et al. (2007) erfasste von 470 orthopädisch-traumatologischen Kliniken in Deutschland repräsentative Parameter der Therapie von Rotatorenmanschettenrupturen, unter anderem den Beginn der Nachbehandlung. Übereinstimmend mit der eigenen Untersuchung erhielt ein Großteil (23,7%) der Patienten nach 6 Wochen eine aktive Physiotherapie.

Eine ähnliche Zeitdauer bis zum Beginn der MTT, wie die Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion, wiesen die Patienten mit ventraler Stabilisierung auf. Hier begann das Training in der MTT für die weiblichen Patienten nach 51 und für die männlichen Patienten nach 39 Tagen postoperativ. Die Differenz von 12 Tagen zwischen Männern und

Frauen lässt sich damit erklären, dass 3 der 10 Frauen erst zwischen dem 60. und 70. Tag, aufgrund der Festlegung des Operators nach dem operativen Eingriff, mit der MTT einsetzten und bis dahin ausschließlich krankengymnastische Behandlungselemente erhielten.

Zusammenfassung:

1. Der Beginn mit der MTT ist abhängig von: Diagnose, Vorgaben des Operators zu Immobilisationszeiten und postoperativen Einschränkungen oder Komplikationen.
2. Beginn der Männer/ Frauen in der MTT:
 - ASD nach 20/ 18 Tagen
 - Rotatorenmanschettenrekonstruktion nach 42/ 40 Tagen
 - ventrale Stabilisierung nach 39/ 51 Tagen

6.1.3 Dauer des Rehabilitationsprogramms

Bei Betrachtung der Rehabilitationsdauer innerhalb der Gruppen und im Gruppenvergleich sind keine auffälligen Unterschiede festzustellen. Dabei bezieht sich die Angabe „Rehabilitationsdauer“ auf die Therapietage, die von den Patienten in der MTT absolviert wurden. Dennoch ist davon auszugehen, dass fast alle Patienten neben der MTT korrespondierend an diesen Tagen physiotherapeutische Behandlungen, in Form von Krankengymnastik, Elektrotherapie, Funktionsmassage oder Ultraschall erhielten. Im Rahmen einer ambulanten Rehabilitation handelt es sich um Komplexmaßnahmen. Den kürzesten Zeitraum von 29 Tagen für die Therapie benötigten die Frauen nach arthroskopisch subakromialer Dekompression. Am längsten dauerte die Therapie der Frauen mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion. Diese betrug 38 Rehabilitationstage. Dies entspricht einem Zeitraum von 6 bis 8 Wochen für alle Diagnosen bei einer wöchentlichen Anzahl von 5 Therapieeinheiten. Es ist davon auszugehen, dass für die ASD-Gruppe aufgrund des kleineren operativen Eingriffs und der sofortigen Mobilisation die postoperative Therapie am kürzesten erforderlich war. Dies spiegeln diese Ergebnisse hier nicht wider. Eine Erklärung lässt sich aus dem Schmerzverlauf über den Therapiezeitraum der Patienten mit ASD ableiten. Ein Großteil der Patienten gab über den Verlauf und vor allem am Anfang der Therapie mittelmäßige bis starke Schmerzen an, was den Therapieprozess nachhaltig beeinflusste. Die auffallend kürzere Therapiedauer der männlichen Patienten mit ventraler Stabilisie-

rung gegenüber den weiblichen Patienten kann mit der Tatsache, dass die Männer am Therapieprozess nicht konsequent teilnahmen, sobald sie das subjektive Empfinden der Genesung wahrnahmen, begründet werden.

Im Vergleich mit der Literatur lassen sich lediglich spärliche oder keine Angaben zum Rehabilitationszeitraum für die divergenten Diagnosen an der Schulter finden. Die Rehabilitationsdauer nach offener Rotatorenmanschettenrekonstruktion lag in der Studie bei van Linthoudt et al. (2003) für die männlichen Patienten bei ca. 3 und den weiblichen Patienten bei ca. 4 Monaten. Unter Einbezug der Immobilisationszeit von ca. 6 Wochen für die Männer und Frauen mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion belief sich in dieser Untersuchung die gesamte Rehabilitationsdauer auf 3,4 (Männer) und 3,3 (Frauen) Monate, was sich annähernd mit den Angaben von van Linthoudt (2003) deckt.

Zusammenfassung:

1. Die Dauer der Rehabilitation ist abhängig von: Diagnose, Art der Operation, Einflüsse auf den Rehabilitationsprozess (Schmerz).
2. Die Dauer der Rehabilitationsmaßnahme der Männer/ Frauen in der MTT in Tagen (Wochen) betrug:
 - ASD: 33/ 29 (6,6/ 5,8)
 - Rotatorenmanschettenrekonstruktion: 37/ 38 (7,4/ 7,6)
 - ventrale Stabilisierung: 32/ 37 Tagen (6,4/ 7,4)

6.1.4 Isokinetische Kraftmessung im Rehabilitationsprogramm

Die Bestimmung der Kraftfähigkeit stellt ein gängiges und heutzutage unverzichtbares Instrument zur Beurteilung spezifischer Interventionen im Rahmen der Rehabilitation dar. Aufgrund einfacher und standardisierter Möglichkeiten der Erhebung gilt die Kraft als objektiv erfassbarer Parameter. Durch die Einführung computergesteuerter isokinetischer Systeme im Bereich der Rehabilitation in den letzten Jahren ist eine Erfassung der Kraftwerte ein obligater Bestandteil von Rehabilitationsmaßnahmen geworden. Die vielfältigen Studien im Bereich der Schulterrehabilitation, mit der Objektivierung der Kraft unter Einsatz von isokinetischen Analysesystemen, belegen die Verwendung dieses Parameters als ein Hauptkriterium zur Einschätzung therapeutischer Interventionen, zur Beurteilung des erreichten „Ist-Zustandes“ und zum Vergleich zwischen prä- und postoperativem

Status (Aronen und Regan 1984, Leroux et al. 1995, Rokito et al. 1996, Thomas et al. 2001a, Weiss et al. 2004, Yen 2005, Dauty et al. 2007, Meller et al. 2007, Hiemstra et al. 2008, Bigoni et al. 2009).

Die Eigenschaften des isokinetischen Trainings – konstante Bewegungsgeschwindigkeit, variabler Widerstand und daraus folgender maximaler Trainingsreiz in allen Gelenkstellungen und Anpassung an Ermüdung und Schmerz neben der Möglichkeit der objektiven Datenerhebung – bestätigen den vorteilhaften Einsatz. Viele Autoren befürworten den postoperativen Einsatz, gerade weil durch den einstellbaren Modus CPM (continuous passive motion) passive Mobilisationsübungen vor den aktiven Übungen möglich sind, und sich damit die Prämisse einer minimalen Belastung frühzeitig nach der Operation erfüllen lässt (Davies 1992, Chan und Korkia 1996, Felder et al. 1998, Froböse 1999, Horstmann und Venter 2004).

Hinsichtlich des Untersuchungsdesigns gibt es in den Arbeiten erhebliche Variationen. Dies betrifft die verwendeten isokinetischen Geräte, Messzeitpunkte, Messgeschwindigkeiten, Datenanalysen, untersuchte Übungen und Ausgangspositionen der einzelnen Bewegungen. Damit erscheinen Vergleiche untereinander als ausgeschlossen. Dennoch präsentieren sich mitunter Gemeinsamkeiten, so dass Einzelelemente aus den Untersuchungen für etwaige Vergleiche herangezogen werden können.

In der hier durchgeführten Studie wurde das Seilzugisokinetikgerät „Moflex[®]“ genutzt. Zum Untersuchungsdesign und dessen zugrunde liegenden Parameter soll hier Stellung genommen werden.

Bei dem „Moflex[®]“ handelt es sich um ein lineares isokinetisches System. In den meisten Untersuchungen werden rotatorische Systeme angewendet. Diese sind jedoch mit einigen Nachteilen behaftet, die bei der Seilzugisokinetik entfallen. Die Bewegungen des Schultergelenkes resultieren aus dem Zusammenspiel mehrerer Gelenke, welche variable Bewegungsachsen und somit keine starre Führung aufweisen. Die feste Positionierung und Angurtung bei rotatorischen Systemen schränkt die funktionellen Bewegungsachsen ein. Sie sind deshalb als nachteilig anzusehen. Genau dieser Aspekt trifft für die Seilzugisokinetik nicht zu, was gleichzeitig als nachteilig beurteilt werden kann, da eine größere Möglichkeit an Ausweichbewegungen auftreten könnte. Mit dem Einsatz ungewollter Hilfsmuskeln könnte für die Messergebnisse die Validität nicht mehr garantiert werden. Mit der Gewissheit einer permanenten therapeutischen Kontrolle ist dieser Aspekt nicht gänzlich ausgeschlossen, jedoch enorm zu minimieren. In dieser Untersuchung wurde streng darauf geachtet, dass durch die individuelle Betreuung der Patienten am „Moflex[®]“

unverzüglich Korrekturen vorgenommen und damit eventuelle Ausweichbewegungen weitestgehend ausgeschlossen bzw. minimal gehalten wurden. Um die tägliche Reproduzierbarkeit der Bewegungsausführung zu gewährleisten, wurde stets darauf geachtet, dass die Schlitten- und Armposition der Seilzugisokinetik und die Sitzposition des Patienten zum „Moflex[®]“ mit den entsprechenden Winkleinstellungen vor Übungsbeginn einer korrekten Einstellung unterlag. Die Position im Sitzen gegenüber der im Stand lässt zuverlässigere Messergebnisse zu (Edouard et al. 2011). Kritisch sei anzumerken, dass durch die vielen Freiheitsgrade des Schultergelenkes dennoch Abweichungen aufgetreten sein können, wie es bei anderen Untersuchungen für das Schultergelenk festgestellt wurde (Mayer et al. 1994).

Ein anderer Gesichtspunkt ist, der sich bei rotatorischen Systemen als teilweise nachteilig erwiesen hat, dass mitunter nicht jede Testposition, z. B. bei der Testung der Außenrotationskraft bei 90° Abduktion im Schultergelenk, vom Patienten aufgrund von Bewegungseinschränkung und Schmerz eingenommen werden kann (Leroux et al. 1995, Yen 2005). Für die eigene Untersuchung wurden Übungspositionen gewählt, die ausnahmslos jeder Patient einnehmen konnte. Die Messung der Innen- und Außenrotationskraft erfolgte bei 0° Abduktion.

Vielfach ist eine Gegenüberstellung zwischen den prä- und postoperativen Kraftwerten zu finden (Rokito et al. 1996, 1999). Ein Vergleich mit präoperativen Daten zur isokinetischen Kraft konnte für diese Untersuchung nicht angebracht werden, da die Patienten bei Eignung erst postoperativ integriert wurden. Es ist davon auszugehen, dass die isokinetischen Werte der verletzten Seite deutlich geringer als die postoperativen Kraftwerte ausfallen würden, da z. B. eine Rotatorenmanschettenläsion zwangsläufig mit einem Kraftverlust einhergeht und schmerzbedingte Einschränkung in der Bewegungsausführung die Kraftentfaltung erheblich beeinflussen. Die Gegenüberstellung der isokinetischen Kraftwerte zwischen gesunder und operierter Seite, zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss und die Evaluation über den Therapieverlauf galten für diese Untersuchung als repräsentativ zur Veranschaulichung des Parameters: isokinetische Kraft.

In anderen Studien wird häufig zum Therapieabschluss das maximale Drehmoment oder das durchschnittliche maximale Drehmoment über 3 bis 5 Wiederholungen zur Beurteilung der aktuellen Kraftfähigkeit gemessen und mit den präoperativen Werten und der gesunden Gegenseite verglichen (Yen 2005, Dauty et al. 2007, Hiemstra et al. 2008).

In dieser Untersuchung erfolgte die Erfassung der maximalen Kraftausdauer für die gesunde und operierte Seite zum Reha-Abschluss und ausschließlich für die gesunde Seite zu

Reha-Beginn. Die Patienten absolvierten pro Übung jeweils 3 Serien mit 20 Wiederholungen mit schmerzangepasster maximaler Kraftanstrengung. Aus diesen 60 Wiederholungen erfolgte die Berechnung des Mittelwertes der jeweiligen Bewegungsform. Da die meisten Alltagstätigkeiten und viele Berufstätigkeiten die Kraftausdauer fordern, erscheint die Erhebung und Beurteilung der Kraft über 60 Wiederholungen geeigneter und aussagekräftiger als die über 3 bis 5 Wiederholungen, wenn ein vorrangiges Rehabilitationsziel, die Funktionalität des Schultergelenkes zur Durchführung von Routineaktivitäten des täglichen Lebens darstellt.

Unzureichend wird mitunter der Vergleich mit der gesunden Gegenseite betrachtet, weil auch diese infolge der Immobilisation regressiven Veränderungen unterliegt. Dieser Aspekt trifft allerdings häufiger auf die untere Extremität zu, da im Falle einer Verletzung an der oberen Extremität, diese häufig sogar mehr genutzt wird. Der Vergleich mit vorliegenden Normwerttabellen kann aufgrund der divergenten Vorgehensweise bei der Erhebung dieser Daten zu falschen Schlussfolgerungen führen. Die Gegenüberstellung der Daten mit der gesunden Gegenseite, die mit derselben Methode gewonnen wurden, können als genauer beurteilt werden. In dieser Untersuchung wurde, wie vielfach in anderen Studien, zur Überprüfung und Beurteilung der isokinetischen Kraftfähigkeit der operierten Seite ebenfalls die gesunde, unoperierte Seite als Basis zum Vergleich herangezogen (Kirschenbaum et al. 1993, Rokito et al. 1996, 1999, Weiss et al. 2004, Yen 2005, Dauty et al. 2007, Listringhaus et al. 2007, Hiemstra et al. 2008).

Die Übungsauswahl für die eigene Untersuchung richtete sich nach dem Anspruch, die Muskeln der Rotatorenmanschette und des Schultergürtels zu kräftigen. Damit wurden eine postoperative Gelenkstabilisierung, im Sinne einer Zentrierung des Humeruskopfes in der Gelenkpfanne, und eine muskuläre Balance im gesamten Schultergürtel angestrebt. Dementsprechend waren die Bewegungsübungen Adduktion, Innenrotation und Außenrotation obligater Bestandteil des therapeutischen Trainings. Die dafür verantwortlichen Muskeln zur Bewegungsausführung sollen an dieser Stelle nicht erwähnt werden.

Als Bewegungsgeschwindigkeit für die Ausführung der Übungen wurde 0,3 m/s gewählt, was einer langsamen (Adduktion) bis mittleren (Innen- und Außenrotation) Geschwindigkeit bei den absolvierten Wegen entsprach. Dies war notwendig, da postoperativ Bewegungseinschränkungen vorlagen, die eine höhere Geschwindigkeit für die korrekte Übungsdurchführung nicht zugelassen hätten. Zum anderen galt die Prämisse, die frisch operierten Strukturen im Gelenk nicht einer zu hohen Reizsetzung mit unerwarteten Reaktionen auszusetzen.

Zusammenfassung:

1. Isokinetische Kraftmessungen mittels der Seilzugisokinetik zeichnen sich durch Objektivität aus, wodurch sie für die Beurteilung therapeutischer Intervention im Rahmen der postoperativen Schulterrehabilitation angewendet werden können.

2. In dieser Untersuchung wurde das „Moflex[®]“ eingesetzt:

Übungen: Adduktion, Innenrotation, Außenrotation

Geschwindigkeit: 0,3 m/s

Belastungsintensität: 3 Serien mit 20 Wiederholungen, 20 sec Pause

Vergleichsparameter: gesunde Gegenseite

6.1.5 Funktionelle isokinetische Kraftentwicklung im Verlauf des Rehabilitationsprogramms

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Entwicklung der isokinetischen Kraft über 20 Rehabilitationstage bei unterschiedlichen Indikationen an der Schulter für relevante Bewegungen betrachtet. Die Erhebung der Kraftwerte erfolgte täglich in Abhängigkeit der Schmerzsituation, des aktuellen Bewegungsausmaßes und des Gesundheitszustandes. Aufgrund dieser Tatsache, ist niemals von einer Maximalkraft auszugehen, sondern stets von der funktionellen Kraft. Infolgedessen wird die funktionelle Kraft als diejenige Kraft definiert, welche täglich schmerzfrei oder schmerzarm entsprechend des Bewegungsausmaßes und der Tagesform durch den Patienten erreicht wurde.

Im Verlauf der Rehabilitation präsentierten sich bei den verschiedenen Indikationen stetige Zunahmen der funktionellen Kraft für die Adduktion, Innenrotation und Außenrotation. Aus den erzielten Ergebnissen der isokinetischen Kraftverläufe wurden geschlechts- und indikationsspezifische Regressionsgeraden und Regressionsgleichungen erstellt, die als Referenzwerte für schädigungsfrei erreichbare Kraftzuwächse innerhalb eines definierten Schulterprogramms anzusehen sind. Der Bereich zwischen der oberen und unteren Linie der einfachen Standardabweichung wurde als schädigungsfreier Kraftbereich angesehen. Auf die indikationsspezifischen Besonderheiten wird nachfolgend näher eingegangen.

6.1.5.1 Isokinetische Kraftentwicklung der Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung und Referenzwerterstellung

Sowohl bei den Männern als auch den Frauen sind innerhalb der drei Bewegungsformen kontinuierliche Anstiege der isokinetischen Kraft zu verzeichnen. Bei den Bewegungen der Adduktion und Innenrotation konnten sich die Männer vom 1. Tag bis zum 20. Tag der Rehabilitation konzentrisch um 222% und 314% verbessern. Exzentrisch erlangten die Männer, für eben genannte Übungen, Anstiege um 142% und 154%. Die Frauen steigerten ihre funktionelle Kraft bei der Adduktion und Innenrotation konzentrisch um 288% und 335% und exzentrisch um 222% und 138% vom Ausgangstag bis zum 20. Tag der Therapie. Insgesamt erreichten die Männer deutlichere Steigerungen als die Frauen. Dies gilt auch für die Außenrotation. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Prozentangaben der Außenrotation auf den durchschnittlichen Beginn der Gruppe bis zum 20. Tag der Therapie beziehen. Die Anstiege beliefen sich bei den Männern vom 10. Tag bis zum 20. Therapietag für konzentrisch und exzentrisch um 55% und 41%. Die Frauen verbesserten vom im Mittel 6. Tag bis zum 20. Tag der Rehabilitation die Außenrotation konzentrisch um 86% und exzentrisch um 74%. Die Männer begannen innerhalb der Therapiezeit später mit der Außenrotation als die Frauen. Diese Tatsache beruht einerseits auf der generellen Festlegung des Operateurs, bei diesem Erkrankungsbild die Außenrotation gegen Widerstand erst acht Wochen postoperativ in den Therapieprozess zu integrieren. Andererseits begannen die männlichen Patienten im Mittel 12 Tage früher als die Frauen mit der MTT. Grund für diese hohe Differenz ist die Festlegung des Operateurs, länger die Krankengymnastik durchzuführen, mit der Konsequenz, dass 5 der 10 weiblichen Patienten erst nach ca. 50 Tagen postoperativ das Training in der MTT aufnahmen.

Nach 20 Tagen Rehabilitation war bei den weiblichen und männlichen Patienten kein signifikanter Kraftunterschied zwischen den Werten der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss festzustellen. Somit kann die isokinetische Kraftentwicklung als positiv eingeschätzt werden. Da die gesunde Seite während der Therapie ebenfalls geübt wurde, fand hier der Vergleich mit den Ausgangswerten der gesunden Seite statt. Die größte prozentuale Abweichung, im Sinne eines Defizits, aber nicht signifikant, war bei der konzentrischen Innenrotation von 12% für die Männer und 7% für die Frauen zu verzeichnen. Dieser Aspekt ließ sich auf das intraoperative Vorgehen zurückführen. Bei offener Bankart-Operation wird operativ die Ablösung und Refixation des M. subscapularis vorgenommen. Deshalb verlangt das postoperative Procedere an

dieser Stelle ein vorsichtiges Vorgehen analog der Beachtung der Heilungsvorgänge der rekonstruierten Strukturen innerhalb der Therapie.

Zum Abschluss der Therapie, nach durchschnittlich 32 Tagen, konnten die Männer bei allen Bewegungsformen der operierten Seite, im Vergleich zur gesunden zu Therapiebeginn, höhere Werte der funktionellen Kraft erzielen. Bei der Adduktion konzentrisch und der Außenrotation konzentrisch und exzentrisch spiegelt sich dies in einem signifikanten Unterschied wider. Die Frauen erreichten nach im Mittel 37 Reha-Tagen bei fast allen Bewegungsübungen, ausgenommen die Innenrotation konzentrisch, mit der operierten Seite zum Abschluss höhere Werte als die gesunde Seite zu Reha-Beginn. Bei der Betrachtung der Ergebnisse muss beachtet werden, dass bei 60% der Männer und 50% der Frauen die dominante Seite verletzt und operiert wurde, und dass diese vor der Operation und Verletzung mit Sicherheit als stärker einzuschätzen war. Hierfür können allerdings keine Daten geliefert werden. Aus den gewonnenen Resultaten lässt sich schlussfolgern, dass nach 20 Rehabilitationstagen sehr gute funktionelle Kraftwerte, welche sich unwesentlich von denen der gesunden Seite unterschieden, erzielt werden konnten. Eine länger dauernde Rehabilitation erwies sich zur Stabilisierung und weiteren Anhebung der bis dahin erreichten funktionellen Kraftwerte als Vorteil.

In der Literatur sind verschiedene Ergebnisse hinsichtlich der Kraftentwicklung nach ventraler Stabilisierung zu finden. Ellenbecker und Mattalino (1999) konnten nach 12 Wochen einen Kraftausgleich zwischen operierter und gesunder Seite für die Innen- und Außenrotatoren feststellen. Dauty et al. (2007) stellten nach 3 Monaten postoperativ einen signifikanten Unterschied der Kraft der Innenrotatoren exzentrisch im Vergleich zur gesunden Seite fest, und führten diesen Aspekt ebenfalls auf das intraoperative Vorgehen zurück. Rhee et al. (2007) fanden bei einem isometrischen Seitenvergleich eine Kraft der operierten Seite gegenüber der gesunden von 64% und 83% für die Außenrotation und 58% und 82% für die Innenrotation nach 6 Wochen bzw. 3 Monaten, einen Seitenausgleich erst nach 12 Monaten. In anderen Studien zeigten sich die Differenzen zu einem späteren Zeitpunkt. So ergaben die Untersuchungen nach 19,4 Monaten (Hiemstra et al. 2008) und nach 24 Monaten (Meller et al. 2007) ein Kraftdefizit der operierten Seite im Vergleich zur kontralateralen Seite. Demgegenüber spiegelten die Ergebnisse von Weiss et al. (2004) diese Resultate nicht wider. Hier ließ sich nach im Mittel 2,3 Jahren kein signifikanter Unterschied der Kraft zwischen beiden Seiten aufdecken. Aus den genannten Studien war nicht erkennbar, welche therapeutische Maßnahmen bezüglich der Kraftentwicklung zur Anwendung kamen, und inwieweit die Isokinetik, außer bei Rhee et al. (2007), als

Trainingsgerät und nicht ausschließlich als Testgerät fungierten. Aufgrund der differenten Verfahrensweise innerhalb der einzelnen Studien können die Resultate nicht direkt mit den Ergebnissen der eigenen Untersuchung verglichen werden. Anhand der eigenen Ergebnisse und der angegebenen Prozentangaben lässt sich für Patienten mit ventraler Stabilisierung schlussfolgern, dass das durchgeführte Rehabilitationsprogramm effizient zur postoperativen isokinetischen Kraftentwicklung war. Die ermittelten Kraftzuwächse innerhalb des Trainingsprogramms können als Referenzwerte (S. 76/ 77) für die Indikation gelten.

Für die Übung Außenrotation gab es für die Patienten mit ventraler Stabilisierung ein abweichendes Procedere für die Referenzwerterstellung. Diese Patienten führten in der Therapie die Übung Außenrotation nicht ab dem ersten Rehabilitationstag durch. Für die Berechnung und Ermittlung der Regressionsgeraden galt das Vorhaben ebenfalls Daten für die ersten Tage zu liefern. Deshalb wurden die jeweiligen Ausgangswerte der Außenrotation aller Patienten auf den 1. Therapietag gesetzt. Da mit Integration der Übung in den Therapieprozess, gleich an welchem Therapietag dies geschah, die Patienten angewiesen waren zunächst aktiv-assistiv zu üben, kann begründet werden, dass die angewandte Verfahrensweise legitim erscheint. Anhand dieser Methode konnten die Regressionsgeraden für die Außenrotation über 20 Tage ermittelt und dargestellt werden, obwohl die Patienten für diese Übung gesehen nicht 20 Tage therapiert wurden. Für die Berechnung und Erstellung der Regressionsgeraden für die Übung Außenrotation der Patienten mit ventraler Stabilisierung wurden die Daten von 10 Therapietagen genutzt. Durch dieses Verfahren kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Patient, welcher am 13. Behandlungstag mit der Außenrotation begann und dementsprechend bereits 12 Tage Adduktion und Innenrotation trainierte, geringfügig bessere Resultate erzielte, als ein Patient, der am 5. Therapieag mit der Außenrotation startete. Als Begründung dafür sind nicht dieselben angesteuerten Muskeln zu benennen, sondern die isokinetische „Fertigkeit“, die Schmerzabnahme und die progressive Belastungsgestaltung im Therapieprozess.

Zusammenfassung:

1. Unter Verwendung der Seilzugisokinetik konnten die Männer und Frauen mit ventraler Stabilisierung eine kontinuierliche Steigerung der isokinetischen konzentrischen und exzentrischen Kraft innerhalb der gewählten Übungen erreichen, ohne dass eine Schmerzzunahme zu verzeichnen war.
2. Nach 20 Tagen Therapie war kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten der durchgeführten Bewegungsübungen zwischen operierter und gesunder Seite bei den Männern und Frauen zu konstatieren.
3. Die Ergebnisse bezüglich der postoperativen isokinetischen Kraftentwicklung sind als positiv zu bewerten, und schließen auf eine effiziente Rehabilitation. Damit wird die Verwendung als Referenzwerte befürwortet.

6.1.5.2 Isokinetische Kraftentwicklung der Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (ASD) und Referenzwerterstellung

Bei allen drei Bewegungsübungen der Männer und Frauen zeigten die isokinetischen Kraftwerte konstante Steigerungen vom 1. bis zum 20. Rehabilitationstag. Die Männer konnten sich bei der Adduktion, Innenrotation, Außenrotation konzentrisch um 481%, 633%, 484% und exzentrisch um 245%, 268%, 156%, in dieser Reihenfolge, verbessern. Ähnliche Anstiegsraten, aber insgesamt niedriger, wies die Frauengruppe auf. Diese konnte die isokinetischen Kraftwerte, bei eben genannten Übungen, konzentrisch um 366%, 416%, 371% und exzentrisch um 216%, 180%, 107% steigern.

Am 20. Therapietag war bei den männlichen Patienten kein signifikanter Kraftunterschied zwischen gesunder Seite zu Reha-Beginn und operierter Seite zum Reha-Abschluss zu registrieren. Das größte Defizit präsentierte sich bei der Adduktion konzentrisch von 8%. Bei der Außenrotation waren auf der operierten Seite höhere Kraftwerte gegenüber der gesunden Seite festzustellen. Die Frauen konnten auf der operierten Seite gegenüber der kontralateralen Seite am 20. Tag bei den drei untersuchten Bewegungsformen höhere Kraftwerte vorweisen. Bei der Außenrotation spiegelte sich dies in einem signifikanten Unterschied wider. Ein Grund dafür könnte sein, dass bei 60% der Frauen die Erkrankung auf der dominanten Seite auftrat, und diese vor der Erkrankung sicherlich als stärker einzuschätzen war. Aufgrund des gleichzeitigen Trainings der gesunden Seite wurde die Gegenüberstellung mit den Kraftwerten der gesunden Seite vom Reha-Beginn vorgenommen. Nach im Mittel 33 Tagen schlossen die Männer mit isokinetischen Kraftwerten auf der operierten Seite, die ausnahmslos über den Werten der gesunden Seite lagen, die Therapie ab. Analog galt das für die Frauen zum Therapieabschluss nach durchschnittlich 29 Tagen. In der Literatur waren im Zusammenhang mit dem Impingement-Syndrom Studien zu finden, die sich mit dem Muskelverhältnis von Innen- und Außenrotatoren beschäftigten (Leroux et al. 1994, Schmidt-Wiethoff und Schneider 2003). So überwiegen bei Gesunden die Innenrotatoren kräftemäßig die Außenrotatoren. In der isokinetischen Untersuchung von Schmidt-Wiethoff und Schneider (2003) ergab sich ein Verhältnis von 1,6 im Kraftverhältnis von Innen- und Außenrotatoren. Auf ein Verhältnis von 1,3 bis 1,6 kamen Leroux et. al (1994) in ihrer Studie. Ein Wert von 1 indiziert ein Impingement-Syndrom. Aus den Resultaten der isokinetischen Studie von Leroux et. al (1995) geht hervor, dass mittels subakromialer Dekompression dieses Muskelgleichgewicht wieder hergestellt werden konnte. Bei Betrachtung der eigenen isokinetischen Ergebnisse zeigte sich bei den

Männern und den Frauen am 20. Therapietag ein Verhältnis von jeweils 1,37 (konzentrisch). Das Verhältnis, welches für Gesunde vorliegt, wurde innerhalb der Rehabilitation wiederhergestellt. Allerdings lagen keine Messungen dazu vor der Operation vor. Auf der gesunden Seite betrug dieses Verhältnis 1,27 bei den Männern und 1,30 bei den Frauen. Eine Übereinstimmung der eigenen Resultate mit denen in der Literatur ist gegeben.

Aus den Ergebnissen kann geschlussfolgert werden, dass die Seilzugisokinetik ein effizientes Mittel zur funktionellen Kraftsteigerung nach arthroskopisch subakromialer Dekompression, mit dem Resultat des Kraftausgleichs zwischen operierter und gesunder Seite, darstellte. Die erhobenen übungsabhängigen Kraftzuwächse können als Referenzwerte (S. 97/ 98) für Patienten mit ASD angesehen und genutzt werden. Eine etwa zweiwöchige Fortführung der isokinetischen Kräftigung zur Stabilisierung über den 20. Rehabilitationstag hinaus ist zur Festigung des muskulären Gleichgewichts der Schultermuskulatur empfehlenswert, wie die Ergebnisse zum Reha-Abschluss widerspiegeln.

Zusammenfassung:

1. Unter Einsatz der Seilzugisokinetik konnten die Männer und Frauen mit ASD die isokinetische konzentrische und exzentrische Kraft innerhalb der Bewegungen stetig und deutlich, ohne nennenswerte Zunahme der Schmerzen, verbessern.
2. Nach 20 Therapietagen war ein Kräftegleichgewicht zwischen operierter und gesunder Seite bei den männlichen und weiblichen Patienten zu registrieren.
3. Die Seilzugisokinetik stellt ein effizientes Mittel zur funktionellen Kraftsteigerung im Rahmen der postoperativen Rehabilitation nach Impingement-Syndrom dar. Die Ergebnisse können als Referenzwerte angesehen werden.

6.1.5.3 Isokinetische Kraftentwicklung der Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion und Referenzwerterstellung

Im Verlauf der Rehabilitation präsentierten die Patienten mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette bei allen untersuchten Bewegungsformen konstante Anstiege der isokinetischen Kraft vom 1. bis zum 20. Tag der Therapie. Die Männer steigerten die isokinetische konzentrische Kraft bei der Adduktion, Innenrotation, Außenrotation um 676%, 856%, 262% vom Ausgangstag bis zum 20. Tag der Rehabilitation. Ebenfalls konnten die Frauen die konzentrische Kraft vom Ausgangstag bis zum 20. Tag der Therapie um 456%, 501%, 103%, bei eben genannten Übungen, erhöhen. Hinsichtlich der Prozentangaben der Außenrotation war der Bezug vom jeweiligen mittleren Ausgangswert der Gruppe bis zum 20. Rehabilitationstag hergestellt worden. Bei den Männern war das der 8. und bei den Frauen der 11. Therapietag. Diese Bewegung wurde nicht ab dem 1. Tag der Rehabilitation in das Bewegungsprogramm integriert, weil der Operateur festlegte, dass die Außenrotation ausschließlich nach der 8. postoperativen Woche geübt wird. Die männlichen Patienten begannen durchschnittlich 3 Tage früher mit der Außenrotation als die weiblichen Patienten. Grund hierfür ist der postoperative Reha-Beginn. Die Männer fingen mit der MTT im Mittel zwei Tage später an als die Frauen.

Bezüglich der exzentrischen isokinetischen Werte waren bei den Männern und den Frauen Anstiege in diesem Zeitraum zu konstatieren, welche insgesamt geringer ausfielen als bei den konzentrischen Werten. Dies lag daran, weil die Steigerung der exzentrischen Werte geringfügiger vorgenommen wurde als bei den konzentrischen Werten, um die operierten Strukturen zu schützen und keine Schmerzprovokation auszulösen. Am 20. Rehabilitationstag war bei den Männern und Frauen ein signifikanter Kraftunterschied, zugunsten der operierten Seite, bei den Übungen Innenrotation und Außenrotation exzentrisch (Männer) und Innenrotation konzentrisch (Frauen) zu konstatieren. Alle anderen Vergleiche bei den Bewegungsübungen zeigten keine signifikanten Unterschiede. Aufgrund der gleichzeitigen Beübung der gesunden Seite während der Therapie fand die Gegenüberstellung mit den Ausgangswerten der gesunden Seite statt. Zum Therapieabschluss der Männer nach durchschnittlich 37 Tagen konnten bei allen isokinetischen Kraftwerten auf der operierten Seite signifikant höhere Endresultate gegenüber der kontralateralen Seite nachgewiesen werden. Ein ähnliches Ergebnis stellte sich bei den Frauen nach 38 Tagen, dem mittleren Therapieende, dar. Bei allen durchgeführten Übungen, außer der Adduktion und Innenrotation exzentrisch, erzielten die Frauen auf der operierten Seite höhere Werte als auf der

gesunden Seite. Diese weitaus höheren Werte auf der operierten Seite bei den Männern und Frauen lassen sich mit der Tatsache begründen, dass jeweils 73% der Patienten den operativen Eingriff auf der dominanten Seite aufwiesen, und diese mit Gewissheit vor der Verletzung oder Erkrankung als stärker einzuschätzen war. Ein Nachweis dafür konnte nicht geliefert werden.

In der Literatur waren inzwischen zahlreiche Studien zu finden, welche zur Beurteilung der Funktionalität nach Rekonstruktion der Rotatorenmanschette isokinetische Kraftmessungen heranzogen (Walker et al. 1987, Walmsley und Hartsell 1992, Kirschenbaum et al. 1993, Leroux et al. 1995, Rokito et al. 1996, 1999, Yen 2005, Ellenbecker et al. 2006, Listringhaus et al. 2007, Bigoni et al. 2009, Demirors et al. 2010). Es lässt sich registrieren, dass nach Rekonstruktion der Rotatorenmanschette ebenfalls eine Angleichung der isokinetischen Kraft im Vergleich zur kontralateralen Seite erreicht wurde. Allerdings zeichnen sich die Studien durch eine Vielfältigkeit bezüglich der untersuchten Gruppe, der betroffenen Sehnen, der angewandten operativen Methode und dem isokinetischen Untersuchungsdesign aus, so dass sie untereinander und mit der eigenen Untersuchung nicht unvermittelt verglichen werden können. Einige Gemeinsamkeiten und Unterschiede mit diesen Studien werden kurz beleuchtet, da zumeist einheitlich Prozentangaben im Vergleich zur gesunden Gegenseite vorlagen. Walker et al. (1987), Kirschenbaum et al. (1993), Rokito et al. (1996), Listringhaus et al. (2007) und Bigoni et al. (2009) stellten einen ungefähren Kraftausgleich zwischen operierter und gesunder Seite nach einem Jahr fest. In der eigenen Untersuchung war für die Männer und Frauen ein Kraftausgleich und sogar höhere Werte auf der operierten Seite nach ca. 13 Wochen festzustellen. Eine Begründung dafür wäre das direkte Training an der Seilzugisokinetik und nicht die ausschließliche Nutzung der Isokinetik zur Überprüfung der Kraftfähigkeit zu festgesetzten Zeitpunkten. Als zweites Argument ist die tägliche Therapie zu benennen, da alle Patienten ein intensives komplexes Rehabilitationsprogramm erhielten. Ähnliche Ergebnisse wie in der eigenen Untersuchung zeigten sich in der Studie von Ellenbecker et al. (2006), in der nach 12 Wochen standardisiertem physiotherapeutischem Programm kein deutlicher Kraftunterschied zwischen gesunder und operierter Seite zu konstatieren ist. Yen (2005) beschrieb in seiner Studie nach 15 Monaten signifikante Unterschiede zwischen gesunder und operierter Seite. Aus den genannten Studien ging leider nicht hervor, welche therapeutischen Maßnahmen diesen Kraftzuwachsen zugrunde lagen.

Die Resultate erlauben die Schlussfolgerung, dass mit dem isokinetischen Training, als Schwerpunkt dieses Rehabilitationsprogramms, sehr gute funktionelle Kraftwerte bei den

überprüften Bewegungen bei den männlichen und weiblichen Patienten innerhalb von 20 Rehabilitationstagen erreicht wurden. Die erreichten Resultate können als Referenzwerte (S. 120/ 121) für schädigungsfreie Steigerungsraten genutzt werden. Bei der Gegenüberstellung der Kraftwerte der operierten und kontralateralen Seite zeigte sich, dass bei Verletzung der vorrangig dominanten Seite höhere Werte auf seitens dieser zum Therapieabschluss festgehalten werden konnten. Um eine weitere Stabilisierung des Gelenkes zu erreichen, ist eine Fortführung der therapeutischen Maßnahme über den 20. Rehabilitationstag hinaus anzustreben.

Die Außenrotation betreffend galt für die Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion dasselbe abweichende Procedere für die Referenzwerterstellung wie für die Patienten mit ventraler Stabilisierung. Aufgrund der Vorgaben des Operators begannen die Patienten mit der Übung Außenrotation in der Therapie zu einem späteren Zeitpunkt innerhalb der Rehabilitation. Für die Berechnung und Ermittlung der Regressionsgeraden erfolgte die Verwendung der Datensätze von 12 Therapietagen. Die jeweiligen Ausgangswerte der Außenrotation aller Patienten wurden auf den 1. Therapietag gesetzt.

Zusammenfassung:

1. Mit der Seilzugisokinetik, als Schwerpunkt dieses Rehabilitationsprogramms, erzielten die Patienten mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette bei den durchgeführten Bewegungsübungen, ohne Schmerzzunahme, kontinuierliche funktionelle isokinetische Kraftzuwächse innerhalb des Therapieabschnitts.
2. Nach 20 Tagen intensiver Rehabilitation war ein positiver Kraftunterschied zugunsten der operierten Seite zu konstatieren. Da vorrangig die dominante Seite die operierte war, ließen sich die teilweise höhere Kraftwerte mit der Seitendominanz begründen.
3. Die Seilzugisokinetik stellte ein effizientes Mittel zur funktionellen Kraftsteigerung im Rahmen der postoperativen Rehabilitation nach Rotatorenmanschettenrekonstruktion dar. Die erzielten Ergebnisse können als positiv bewertet werden. Damit bestätigt sich die Nutzung dieser als Referenzwerte.

6.1.6 Beurteilung des Schmerzverhaltens im Rehabilitationsverlauf

Um einen optimalen Rehabilitationsverlauf zu gewährleisten, ist die Beachtung des Einflussfaktors Schmerz für die Belastungsgestaltung im therapeutischen Prozess von unverzichtbarem Wert. In den meisten Untersuchungen gilt die Erhebung des Parameters Schmerz in der postoperativen Funktionsanalyse nach Operationen am Schultergelenk als obligater Bestandteil. Zur Erfassung und Dokumentation von Schmerzen stellen Schmerzska­len ein wichtiges Assessmentinstrument dar (Scheiderer und Magosch 2012). Die dafür häufig eingesetzten visuellen Analogskalen (VAS) eignen sich zur Evaluation des Therapie­verlaufes und unterliegen aufgrund ihrer Einfachheit in Anwendung und Auswertung sowie Effizienz einer breiten Anwendung und einer allgemeinen Akzeptanz (Banzer und Bürklein 2004). Anlehnend an den Constant-Score (Constant 1991) wurde die tägliche Schmerzstärke anhand einer visuellen Analogskala erfasst. Die Festlegung des Schmerz­wertes wurde durch 15 Punkte charakterisiert, wobei 15 Punkte keinem Schmerz und 0 Punkte maximalem Schmerz entsprechen.

Aus der Betrachtung der Schmerzsituation der Patienten mit ventraler Stabilisierung und Rotatorenmanschettenrekonstruktion war ersichtlich, dass die Patienten über den gesamten Zeitraum der Therapie hinweg sehr geringe bis geringe Schmerzen angaben. Die Gruppe mit ASD gab hingegen geringe bis mäßige Schmerzen an.

Die erwartete Schmerzintensität nach Schulteroperationen variiert nach Lokalisation und operativem Verfahren. Nach ASD ist eine geringe, nach Sehnen- oder Labrumrekonstruktionen eine mittlere Schmerzintensität zu erwarten (Scheiderer und Magosch 2012).

Zu Beginn der MTT beurteilten die Männer mit ventraler Stabilisierung die Schmerzstärke mit durchschnittlich 13 und die Frauen mit 11 Punkten. Am 20. Therapietag gaben die Männer und Frauen einen Punktwert von 14 an, der einer sehr geringen Schmerzstärke entsprach. In beiden Gruppen nahmen die Schmerzen im Verlauf der Rehabilitation kontinuierlich ab. Daraus lässt sich der positive Einsatz der angewendeten Methoden aus der Physiotherapie und der MTT, vorrangig die Seilzugisokinetik, ableiten.

Sowohl die Männer als auch die Frauen mit ASD wiesen zu Beginn der MTT geringe bis mäßige Schmerzen auf. Die Männer gaben einen durchschnittlichen Wert von 10 und die Frauen von 9 Punkten an. Im Verlauf der Therapie präsentierten sich die Schmerzen geringer, so dass am 20. Therapietag in beiden Gruppen ein Punktwert von 11 ermittelt wurde, was einem geringen Schmerzniveau entsprach. Obwohl die Arthroskopie den kleineren Eingriff gegenüber den offenen Operationen innerhalb dieser Untersuchungsgruppen dar-

stellte, sich folglich die geringeren postoperativen Schmerzen ergeben müssten, war der Sachverhalt hier anders. Dies kann mit der Tatsache begründet werden, dass viele Patienten mit einer Impingement-Symptomatik bereits vor dem operativen Eingriff einen mit konservativen Maßnahmen bestückten schmerzhaften Zeitabschnitt durchlebten und eine Art „Schmerzgedächtnis“ aufbauten. Schmerzen über einen längeren Zeitraum lösen Veränderungen im Gehirn aus, welche zu einem Schmerzgedächtnis im zentralen und peripheren Bereich führen können (Diemer und Sutor 2010). In der ASD-Gruppe trugen die eingesetzten Methoden der Physiotherapie und der MTT zu keiner Verstärkung der Schmerzintensität bei, womit sich die erfolgreiche Anwendung bestätigen lässt.

In anderen postoperativen Untersuchungen nach ASD beurteilten die Patienten ihre Schmerzstärke auf der VAS mit durchschnittlich 10,5 Punkten (Geiger 2005) und 11,4 Punkten (Patel et al. 1999), übereinstimmend mit den Werten in dieser Studie.

Die Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion schätzten ihre Schmerzen zu Reha-Beginn mit 12 Punkten (Männer) und 11 Punkten (Frauen) ein. Dieser Wert nahm innerhalb beider Gruppen in den zwei Folgetagen zunächst geringfügig ab, womit eine leichte Schmerzzunahme gekennzeichnet war, um anschließend gleichbleibend zwischen 11 und 12 Punkten (Männer) und 10 und 12 Punkten (Frauen) zu rangieren. Als Grund für die unwesentliche, aber dennoch aufgetretene Schmerzverstärkung kann das Training in der MTT genannt werden. Es ist nicht untypisch, dass aufgrund neuer Belastungsreize Schmerzsymptome hervorgerufen werden. Das gilt bei einem Muskelaufbautraining in der Rehabilitation als normale Begleiterscheinung (Schönle 2004). Umso wichtiger ist es, dass die Belastungsreize zunächst niedrig gesetzt werden und folgend schmerzabhängig eine Belastungssteigerung stattfindet. Diese Option wurde mit der Verwendung der Seilzugisokinetik gewährleistet, da die Intensitäten täglich individuell vorgegeben, ihre Einhaltung überprüft und eine Überschreitung dieser ausgeschlossen wurde.

Zusammenfassung:

1. Die Erfassung der Schmerzstärke gilt als obligater Bestandteil in der Rehabilitation, um die eingesetzten Belastungsreize beurteilen zu können und eine Überlastung operierter Strukturen konsequent auszuschließen.
2. In dieser Untersuchung kam es zu keiner nennenswerten Schmerzverstärkung aufgrund der angewendeten Maßnahmen innerhalb der Physiotherapie und der MTT.
3. Am 20. Therapietag wiesen alle Patienten geringe bis sehr geringe Schmerzen auf (11 bis 14 Punkte, 15 Punkte entsprechen keinem, 0 Punkte maximalem Schmerz).

6.1.7 Beurteilung des Ausmaßes der Schulterbeweglichkeit

Zur Beurteilung der Bewegungsfähigkeit in den Schultergelenken findet die Überprüfung der aktiven und passiven Bewegungsumfänge sowie der Funktionsgriffe statt (Brunner 2002). In dieser Untersuchung wurde sich auf die Auswertung der aktiven Beweglichkeit beschränkt, da sie für die Bewältigung der Anforderungen im Alltag, Beruf und Sport eine hohe Relevanz besitzt. Die Ausmaße der aktiven Beweglichkeit wurden zu definierten Zeitpunkten durch die zuständigen Ärzte im Rehabilitationszentrum anhand der klinisch etablierten Neutral-Null-Methode erfasst. Diesbezüglich sei zu erwähnen, dass ausschließlich zwei Ärzte die Messungen vornahmen. Durch die Wiederholungsmessung beim selben Arzt wurde versucht, die intraindividuellen Messwertdifferenzen zu minimieren. Weiterhin sei für diese Untersuchung kritisch anzumerken, dass ausschließlich zu Reha-Beginn die Messung der gesunden Seite erfolgte. Eine Abschlussmessung wurde nicht durchgeführt. Aufgrund dessen konnten eventuelle Verbesserungen für die gesunde Seite durch bilaterale therapeutische Maßnahmen der Schultergelenke, gerade in der Gruppe mit ASD und Rotatorenmanschettenrekonstruktion, nicht verdeutlicht werden.

Die mitunter beachtliche Bewegungseinschränkung, die zu Beginn der Rehabilitation anzutreffen ist, soll mit Hilfe von physiotherapeutischen Behandlungsmethoden bis zum Abschluss der Rehabilitation minimiert bzw. ausgeglichen werden. Jeder operative Eingriff erfordert in Abhängigkeit des intraoperativen Befundes und der operativen Methode eine entsprechende postoperative Ruhigstellungsphase des jeweiligen Gelenkabschnittes unter Verwendung spezifischer Immobilisationstechniken. Infolgedessen wird zugunsten der Einheilung des speziellen Gewebes ein vorübergehender Verlust der Beweglichkeit im betreffenden Gelenk toleriert.

In dieser Untersuchung erfolgte für die Patienten mit offener Stabilisierung nach ventraler Instabilität eine vierwöchige Immobilisation in einem Gilchrist-Verband. Die Patienten mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette erhielten eine ebenso lange Ruhigstellung unter Verwendung einer Orthese. Für die Patienten mit ASD war keine Ruhigstellungsphase vorgesehen.

Alle Patienten mit ventraler Stabilisierung wiesen zu Beginn der Therapie bei den überprüften Bewegungen, ausgenommen die Innenrotation der Frauen, signifikante Unterschiede zur gesunden Gegenseite auf. Die anfänglichen Differenzen konnten in dieser Gruppe zum Reha-Abschluss deutlich reduziert werden. Es waren noch signifikante Unterschiede bei den klinisch relevanten Bewegungen, der Anteversion, Abduktion und Außen-

rotation existent. Um eine Angleichung der operierten Seite an die gesunde Gegenseite zu erlangen, war für die Patienten der Rehabilitationszeitraum zu kurz.

Die Patienten mit ASD zeigten zu Reha-Beginn bei der aktiven Beweglichkeit signifikante Unterschiede, außer bei der Innenrotation. Am Abschlusstag der Rehabilitation präsentierten sich bei den klinisch relevanten Bewegungsrichtungen keine signifikanten Unterschiede zwischen gesunder und operierter Seite. Ergänzend ist zu erwähnen, dass sich bei den Bewegungen Anteversion und Abduktion der männlichen und weiblichen Patienten sowie bei der Außenrotation der Frauen bessere Resultate zugunsten der operierten gegenüber der gesunden Seite am Abschlusstag ermitteln ließen. Bei dieser Gegenüberstellung ist anzumerken, dass die aktive Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn ebenfalls bereits Einschränkungen aufwies. Ein leichtes Defizit ist in diesen Altersbereichen (Männer, 52 Jahre; Frauen, 46 Jahre) keine Besonderheit, da sich die Dehnfähigkeit im Alter aufgrund chemischer und struktureller Veränderungen in Muskeln und Sehnen verändert (Spring und Egger 1997). Der Therapiezeitraum reichte aus, um einen Seitenausgleich der aktiven Beweglichkeit unter dem Einsatz der angewandten Maßnahmen, zu erzielen. Zu Reha-Beginn präsentierten die Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion innerhalb aller untersuchten Bewegungen, außer der Innenrotation der Männer, signifikante Unterschiede im Vergleich zur gesunden Gegenseite. Im Verlauf der Rehabilitation erreichten die Patienten eine deutliche Annäherung an die Werte der gesunden Seite. Zum Abschluss der Therapie wiesen alle Patienten bei den klinisch relevanten Bewegungen signifikante Differenzen auf, ausgenommen die Anteversion der Männer. Analog der Patienten mit ASD zeigten die Patienten mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette auf der gesunden Seite zu Therapiebeginn ebenfalls Defizite bei der aktiven Beweglichkeit. Die Begründung dafür ist der ebenfalls vorhandene Altereinfluss. In dieser Gruppe wiesen die männlichen Patienten ein durchschnittliches Alter von 59 und die weiblichen Patienten von 62 Jahren auf.

Im Vergleich mit anderen Studien nach offener Bankart-Operation ließ sich feststellen, dass ebenfalls gute Endresultate, aber auch Restdefizite bei der Beweglichkeit der operierten Seite zu verzeichnen waren (Ziegert et al. 2008). In der Studie von Lützner et al. (2009) wiesen 16% der Patienten ein Außenrotationsdefizit von 20° und mehr auf. Diese Gradangaben sind mit denen in dieser Untersuchungsgruppe fast identisch, obwohl der Zeitpunkt der Nachkontrolle erheblich differiert. Nach einem durchschnittlichen Untersuchungszeitraum von 2,3 Jahren nach offener Stabilisierung fanden Weiss et al. (2004) keine signifikanten Unterschiede zwischen gesunder und operierter Seite.

Nach offener Rekonstruktion der Rotatorenmanschette zeigten sich ähnliche Messwerte im Vergleich mit der eigenen Untersuchung bei van Linthoudt et al. (2003). Allerdings lag der Nachuntersuchungszeitraum bei durchschnittlich vier Jahren.

Zusammenfassung:

1. Zur Beurteilung der aktiven Beweglichkeit stellt die Messung nach der Neutral-Null-Methode ein gängiges klinisches Verfahren dar.
2. Die postoperative Immobilisation mit der daraus resultierenden Einschränkung der Beweglichkeit ist zugunsten der Heilungsvorgänge notwendig.
3. Mittels indikationsspezifischer Maßnahmen konnte die aktive Beweglichkeit vom Reha-Beginn bis zum Reha-Abschluss bei allen Patienten enorm verbessert werden. Dennoch sind Restdefizite im Vergleich zur gesunden Gegenseite, speziell bei den Patienten mit ventraler Stabilisierung und Rotatorenmanschettenrekonstruktion, besonders bei der Anteversion, Abduktion und Außenrotation, nachzuweisen.

6.1.8 Fragebögen DASH und SF-36-Health-Survey

Die subjektiven Einschätzungen der Patienten hinsichtlich der Schulterfunktion und des allgemeinen Gesundheitszustandes sind für die Gesamtbeurteilung der Rehabilitation ebenso bedeutsam wie die erhobenen objektiven Daten. Jegliche Einschränkung der Schulterfunktion wirkt sich zwangsläufig auf den allgemeinen Gesundheitszustand aus (McKee und Yoo 2000, Largacha et al. 2006). Weiterhin spielen die Erwartungshaltung und die schnelle Rückkehr in das Berufsleben eine wesentliche Rolle. Es ist davon auszugehen, dass für die Patienten die Schmerzunahme und der Rückgewinn der Funktion für den generellen Gesundheitsstatus eine hohe Relevanz besitzen.

Aufgrund von beschriebenen Zusammenhängen zwischen funktionellem Ergebnis und Patientenzufriedenheit können durch die subjektive Bewertung des erreichten Ist-Zustandes die funktionellen Resultate bekräftigt werden. Diese Korrelation bestätigten verschiedene Studien (Tashjian et al. 2007). Jester et al. (2005b) stellten hingegen fest, dass die objektiven Ergebnisse häufig nicht mit der subjektiven Einschätzung korrelieren.

Als Bewertungsgrundlage könnte somit die Einbeziehung mehrerer objektiver Parameter und aussagekräftiger subjektiver Angaben eine präzisere Gesamtbetrachtung garantieren.

6.1.8.1 DASH

Zur Bewertung der Schulterfunktion aus Sicht der Patienten fand der validierte und standardisierte DASH-Fragebogen Verwendung (Offenbaecher et al. 2003). Bei allen Erkrankungen an der oberen Extremität unterliegt er einer multiplen Anwendung (Kang et al. 2007, Westphal 2007).

Bei den Patienten erfolgte zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss die Befragung mittels des DASH. Es wurde permanent darauf geachtet, dass alle Fragen beantwortet wurden, um die Gültigkeit zu garantieren. Aufgrund der geringen Rücklaufquote, aus der Gruppe der Frauen mit ventraler Schulterstabilisierung, ist die geringe Anzahl von 5 der auswertbaren Bögen für die möglichen Schlussfolgerungen als kritisch zu betrachten.

Bezüglich der Beurteilung der Schulterfunktion zu Reha-Beginn ließen sich bei allen befragten operierten Patienten Einschränkungen bei der Ausführung spezifischer Alltags-tätigkeiten aufzeigen. Bei den männlichen Patienten mit ventraler Stabilisierung präsentierte sich zu Reha-Beginn ein hoher Wert von 51,7 Punkten im DASH-Score. Ähnlich hohe Werte des DASH-Scores zeigten sich bei den Männern und Frauen mit Rotatoren-manschettenrekonstruktion. Die Männer wiesen ein Punktwert von 53,0 und die Frauen von 54,1 Punkten auf. Da ein Punktwert von 0 eine optimale Funktion und ein Punktwert von 100 eine maximale Behinderung anzeigt, ließ sich die Einschränkung der Patienten in ihrer Schulterfunktion zu Beginn der Rehabilitation ableiten. Die Patienten mit dem arthroskopischen Eingriff wiesen innerhalb des DASH-Scores einen deutlich niedrigeren Wert zu Therapiebeginn auf. Ein Punktwert der Männer von 34,1 und der Frauen von 38,5 ergab eine mäßige Einschränkung betreffs ihrer Schulterfunktion im täglichen Leben.

Nach Beendigung der Rehabilitation schätzten alle Patienten ihre Funktion im Schultergelenk als verbessert ein. Die niedrigsten Punktwerte und damit die geringste Einschränkung wurden bei den männlichen und weiblichen Patienten mit ventraler Stabilisierung und bei den Männern und Frauen mit ASD (12,9 bis 15,2 Punkte) ermittelt. Etwas höhere Werte ergaben sich bei den Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion. Der Score-Wert lag bei den Männern bei 21,5 Punkten und bei den Frauen bei 24,7 Punkten.

Die Resultate lassen Rückschlüsse auf eine deutliche Verbesserung der Schulterfunktion innerhalb der absolvierten Rehabilitationsmaßnahme zu. Die für die Durchführung bestimmter Routinetätigkeiten des täglichen Lebens notwendige optimale Wiederherstellung der Schulterfunktion wurde innerhalb der Rehabilitationszeit nicht erreicht. Mit einer wiederholten Befragung zu einem späteren Zeitpunkt nach Beendigung der Rehabilitation

hätten noch weitere Verbesserungen im Anschluss an die Rehabilitation analysiert werden können. Diese Tatsache bestätigt die Studie von Düzgün et. al (2011), in der die Patienten nach arthroskopischer Rotatorenmanschettenrekonstruktion mit beschleunigter Rehabilitation einen DASH-Score von 31,6 Punkten nach 8 Wochen und von 22,7 Punkten nach 12 Wochen aufwiesen. Der erneuten Befragung zur Analyse des DASH-Scores nach mehrwöchigem Abschluss der Rehabilitation wurde in dieser Untersuchung nicht nachgegangen. Vordergründig sollten in der eigenen Untersuchung Daten erhoben und ausgewertet werden, die innerhalb der Rehabilitation gewonnen wurden.

Als Begründung für die höheren Werte im DASH-Score kann ebenfalls das Alter und das Geschlecht herangezogen werden, da in höherem Alter und bei Frauen ein erhöhter DASH-Score vorzufinden sind (Jester et al. 2005a). Dieser Sachverhalt deckt sich mit den Resultaten der eigenen Untersuchung.

Nach ASD konnten Bengtsson et al. (2006) gleichermaßen wie in der eigenen Untersuchung Verbesserungen des DASH-Scores um mehr als 20 Punkte in ähnliche Punktbereiche, von 42 auf 18, feststellen. In der hier durchgeführten Studie verringerte sich der DASH-Score von 36,6 auf 14,8 Punkte. Fast identische Werte im Vergleich mit der eigenen Untersuchung präsentierten sich bezüglich des DASH-Scores mit erfolgter Rekonstruktion der Rotatorenmanschette in der Arbeit von Skutek et al. (2001) mit 21,62 und von Kilian et al. (2008) mit 23,6 Punkten.

Zusammenfassung:

1. Der DASH-Fragebogen stellt ein valides Instrument zur Erfassung der Schulterfunktion nach operativen Eingriffen und postoperativer Rehabilitation am Schultergelenk dar.
2. Im Rahmen der Rehabilitation konnten sich alle Patienten beim DASH-Score im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss verbessern.
3. Die Veränderungen des DASH-Scores der Männer/ Frauen im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss betrugen:
 - ventrale Stabilisierung: 51,7/ 43,5 und 14,4/ 12,9
 - arthroskopische subakromiale Dekompression: 34,1/ 38,5 und 14,4/ 15,2
 - Rotatorenmanschettenrekonstruktion: 53,0/ 54,1 und 21,5/ 24,7

6.1.8.2 SF-36-Health-Survey

Verletzungen und Erkrankungen des Schultergelenkes mit sich anschließender Operation beeinflussen nicht ausschließlich diesen Bereich, sondern wirken sich insgesamt auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität aus (Gartsman et al. 1998, Largacha et al. 2006). Somit wird die Erfassung der verschiedenen Kategorien zur Beschreibung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität im Rahmen therapeutischer Interventionen nach Schultergelenksverletzungen unerlässlich.

In dieser Untersuchung wurde der Short Form (SF)-36-Health-Survey zur Erfassung der subjektiven Gesundheit als Fragebogen eingesetzt. Die deutsche Fassung des SF-36 entstand durch die Arbeitsgruppe um Frau Prof. Dr. Monika Bullinger (Bullinger 1996). Der SF-36 gilt heutzutage als Standardfragebogen und durch den Einsatz in zahlreichen Studien als validiert.

Zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss beantworteten alle Patienten den Fragebogen. Die Vollständigkeit der Beantwortungen wurde überprüft.

Alle Patienten präsentierten vorrangig innerhalb der körperlichen Dimensionen (körperliche Funktionsfähigkeit, körperliche Rollenfunktion, körperliche Schmerzen) in dem Vergleich vom Reha-Beginn zur entsprechenden Normpopulation sichtbare Differenzen. Daraus ließ sich schließen, dass die Patienten nach der Schulteroperation ihren allgemeinen Gesundheitsstatus als vermindert einstufen. In Gegenüberstellung vom Reha-Beginn zum Reha-Abschluss zeigten sich innerhalb dieser Kategorien die größten Veränderungen, im Sinne einer Verbesserung. Dennoch lagen die Werte unterhalb der Normpopulation, ausgenommen die der körperlichen Funktionsfähigkeit der männlichen Patienten mit ASD und der weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion. Dies kann einerseits mit der Tatsache begründet werden, dass nach Abschluss der Therapie noch Restdefizite durch den Patienten wahrgenommen wurden, da der Zeitraum der Therapie zur vollständigen Wiederherstellung der körperlichen Funktionsfähigkeit nicht ausreichte. Andererseits ist es möglich, dass die Patienten aufgrund der Schulterverletzung ihre körperliche Funktionsfähigkeit generell als niedriger einschätzten, als dies vor der Erkrankung der Fall gewesen wäre. Um diesen Aspekt nachhaltig beurteilen zu können, würden zusätzliche Befragungen zu einem späteren Zeitpunkt nach Beendigung der Rehabilitation nötig sein. Diesem Anspruch wurde innerhalb dieser Untersuchung nicht nachgegangen, da die Datenerhebung ausschließlich für den Rehabilitationszeitraum vorgesehen war.

Hinsichtlich der Parameter der emotionalen Rollenfunktion und des psychischen Wohl-

befindens bestanden zwischen Therapiebeginn und Abschluss in der Gruppe mit ventraler Stabilisierung keine auffälligen Differenzen. Die Patienten, welche in dieser Gruppe sehr jung waren, sahen die Verletzung und die Folgemaßnahmen als notwendig, aber vorübergehend an, so dass sie sich emotional und psychisch nicht zu sehr davon beeinflussen ließen.

In der Gruppe mit ASD existierte in der Kategorie des psychischen Wohlbefindens ein Unterschied zwischen Männern und Frauen. Bei den Frauen zeigte sich eine Einschränkung des psychischen Wohlbefindens aufgrund der Erkrankung zu Reha-Beginn, bei den Männern nicht. Allerdings konnten beide Geschlechter einen höheren Skalenwert als die alters- und geschlechtsspezifische Vergleichsgruppe zum Reha-Abschluss aufweisen, was auf eine Verbesserung des psychischen Wohlbefindens während der Rehabilitation schließen ließ.

Die Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion erreichten annähernd die Werte der Normpopulation zum Reha-Abschluss innerhalb der Kategorie des psychischen Wohlbefindens. Die Unterschiede zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss waren in dieser Kategorie signifikant.

Insgesamt zeigte sich, dass Patienten mit Schultererkrankungen sich hinsichtlich des subjektiv wahrgenommenen Gesundheitszustandes und der damit verbundenen Lebensqualität bezüglich der körperlichen Faktoren eingeschränkt fühlen, aber weniger emotional und psychisch. Betreffs der sozialen Funktionsfähigkeit wies die Schulterverletzung postoperativ einen geringen Einfluss auf fast alle Patienten auf. Zum Therapieabschluss waren ausschließlich diskrete Abweichungen zu den betreffenden Normpopulationen ersichtlich. Die Dimension der allgemeinen Gesundheit offenbarte innerhalb der Gruppen bereits zu Reha-Beginn geringe Unterschiede (Männer und Frauen, ventrale Stabilisierung; Frauen, ASD), gleich hohe (Männer, ASD und Rotatorenmanschettenrekonstruktion) oder sogar höhere Punktwerte (Frauen, Rotatorenmanschettenrekonstruktion) als die gesunde Normpopulation. Daraus ließ sich schlussfolgern, dass sich die Patienten trotz der Schulterverletzung insgesamt als gesund einschätzten.

Im Literaturvergleich zeigte sich, dass innerhalb anderer Studien der SF-36 nach Verletzungen und Erkrankungen des Schultergelenks ebenso zum Einsatz kam. In der Untersuchung von Esser (2004) wiesen die Patienten nach offener Stabilisierung annähernde Resultate im Vergleich zur Referenzgruppe auf, außer in den Kategorien körperliche Rollenfunktion und körperliche Schmerzen. Dieses Ergebnis konnte für die eigene Untersuchung ausschließlich für das Item körperliche Schmerzen vorgelegt werden.

Bei den Patienten mit Rotatorenmanschettenruptur konnten Fortschritte innerhalb der Dimensionen in Gegenüberstellungen vom prä- zum postrehabilitativen Zustand (Boissonnault et al. 2007) sowie vor und nach Rekonstruktion (Böhm et al. 2005, Kang et al. 2007) verbucht werden. Die Studie von Kang et al. (2007) bestätigte die Tatsache, dass hauptsächlich Verbesserungen in den körperlichen und nicht in den mentalen Dimensionen auftreten.

Abschließend sei erwähnt, dass die Rehabilitation positive Auswirkungen auf den allgemeinen Gesundheitszustand bei allen Patienten hatte. Die Patienten wiesen zum Reha-Abschluss einen höheren Stand an Lebensqualität auf als dies zu Reha-Beginn der Fall war.

Zusammenfassung:

1. Der SF-36-Health-Survey stellt ein valides Instrument zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität nach Verletzungen und Erkrankungen des Schultergelenkes und postoperativer Rehabilitation dar.
2. Die Schulterrehabilitation verbessert die gesundheitsbezogene Lebensqualität.
3. Schulterverletzungen und -erkrankungen wirken sich hauptsächlich auf die körperlichen Dimensionen und weniger auf emotionaler, psychischer und sozialer Ebene aus.

6.1.9 Beurteilung des Einsatzes von Therapiebändern und Seilzügen in der postoperativen Schulterrehabilitation

In der Praxis werden in der postoperativen Rehabilitation nach Schulteroperationen vielfältige Trainingsmittel und Trainingsgeräte zur Verbesserung der Beweglichkeit, Kraft, und Funktion eingesetzt. Aufgrund des Anschaffungspreises sind Isokinetikgeräte in Physiotherapien häufig nicht vorhanden. In Rehabilitationszentren bleiben komplexe Isokinetikgeräte aufgrund der komplizierten Umbauarbeiten für die einzelnen Gelenke vielfach unbenutzt. Folglich finden in der Schulterrehabilitation Trainingsmittel, wie das Therapieband und Trainingsgeräte, wie Seilzugsysteme und apparative Krafttrainingsgeräte, eine breite Anwendung. Es ist unbestritten, dass Verbesserungen der Kraftfähigkeit durch vielfältige Trainingsmittel erzielt werden können. In der Studie von Colado et. al (2010) wurden verschiedene Trainingsgeräte miteinander verglichen, mit dem Resultat, dass eine Verbesserung der isometrischen Kraft gleichermaßen durch Therapiebandtraining, Freihanteltraining und Kraftmaschinen erreicht werden kann.

Generell findet der Einsatz von Therapiebändern und Seilzügen in der Schulterrehabilitation vielfach Anwendung (Aronen und Regan 1984, Blackburn und Guido 2000, Ehrich und Gebel 2000, Jung und Grambauer 2002, Hauser-Bischof 2003, Diemer und Sutor 2010, Ehrhardt 2012, Rehberger 2012) und wird zudem empfohlen, weil zusätzlich eine Koordinationsschulung stattfindet (Schmidt-Wiethoff und Schneider 2003, Siegele 2005). Bedeutungsvoll für die frühe postoperative Schulterrehabilitation ist die jeweils wirkende Belastung auf die frisch operierten Strukturen in Abhängigkeit von der durchzuführenden Bewegung und des gewählten Trainingsgerätes bzw. Trainingsmittels. So verschieden wie Therapieband und Seilzug sind, stellt sich auch die Belastungssituation der beanspruchten Strukturen bei gleicher Bewegung dar. Dies begründet sich durch die spezifischen Charakteristika in der Arbeitsweise der Trainingsgeräte. Für einen effektiven und risikofreien Einsatz von Therapieband und Seilzug in der frühen postoperativen Schulterrehabilitation ist die genaue Kenntnis der spezifischen Eigenschaften und ihrer Wirkung auf die Strukturen des Gelenkes Grundvoraussetzung. In den nachfolgenden Abschnitten wird näher darauf eingegangen.

6.1.9.1 Verwendung von Therapiebändern in der postoperativen Schulterrehabilitation unter Berücksichtigung der isokinetischen Referenzwerte

Eine frühzeitige postoperative Belastung der operierten Strukturen erfordert exakt vorgegebene Belastungsgrenzen und erlaubte Bewegungsausmaße für die verschiedenen Bewegungsübungen des Schultergelenks, um eine Gefährdung des operativen Ergebnisses konsequent auszuschließen. Das Therapieband ist im Rehabilitationsbereich ein vielfach verwendetes Trainingsmittel zur muskulären Stabilisierung. Im Einsatz des Muskelaufbautrainings bringt es positive Resultate in Bezug zur Kräftigung der Rotatorenmanschette, was Untersuchungen von (Sugimoto und Blanpied 2006) zeigen. Häufig findet jedoch die Belastungsvorgabe alleinig über die Bestimmung der Bandfarbe oder aus den Erfahrungen des Therapeuten statt. Da eine exakte Belastungsvorgabe eine unabdingbare Voraussetzung zur Gewährleistung einer schmerzarmen und effizienten Therapie darstellt, wird die ausschließliche Vorgabe der Belastungsintensität über die Bestimmung der Bandfarbe für die Schulterrehabilitation als unzureichend bewertet. Die spezielle Eigenschaft des Therapiebandes liegt darin, dass mit zunehmender Dehnlänge der Widerstand ansteigt und somit am Ende der Bewegung das Maximum erreicht wird. Bei den Schulterbewegungen Anteversion, Außenrotation und Abduktion ist dieser Aspekt kritisch, da die zulässigen Maximalkräfte am Ende der Bewegung am geringsten gehalten werden sollten. Im Gegensatz dazu wirken zu Beginn der Bewegung niedrige, unter Umständen therapeutisch unwirksame Kräfte auf die Strukturen, um der Maßgabe der zulässigen Maximalkraft am Ende der Bewegung gerecht zu werden. Unter diesen Gesichtspunkten sind Therapiebänder als eher nachteilig für die Schulterrehabilitation einzuordnen.

Gerade weil das Therapieband einer breiten und vielfältigen Anwendung unterliegt, sind die Quantifizierung der Belastungen und die Effektivitätskontrolle in den Bereichen umso bedeutungsvoller, wo kontrolliertes isokinetisches Training keinen Einsatz findet.

Ein Ziel der eigenen Untersuchung bestand darin, aus den ermittelten isokinetischen Referenzwerten Ableitungen für das Therapiebandtraining zu treffen, um dieses Trainingsmittel für die postoperative Schulterrehabilitation ebenfalls empfehlen zu können. Trotz der unterschiedlichen Arbeitsweisen zwischen Isokinetik und Therapieband und der daraus resultierenden differenten muskulären Beanspruchung, was eine Übertragung unmöglich erscheinen lässt, sollten Folgerungen getroffen werden. Um dem Anspruch der exakten Einhaltung der Belastungsvorgaben gerecht zu werden, wurde die Untersuchung von Thomas et al. (2005) zur Quantifizierung von Therapiebandbelastungen als Grundlage ver-

wendet. Aus den ermittelten Regressionsgleichungen der erstellten Isokraftkurven wurden entsprechende Isokrafttabellen für die praktische Anwendung in der Schulterrehabilitation erstellt. Damit können Belastungen in Physiotherapien und im postrehabilitativen Heimtraining quantifiziert werden. Auf der Basis der isokinetischen Referenzwerte können für jeden Therapietag die erlaubten Belastungsvorgaben und daraus resultierend, die Bandfarbe und die Ausgangslänge bestimmt werden. Unter Verwendung der Isokrafttabellen (S. 135-137) unter der Einhaltung der zulässigen Kraftgrenzen ist das Therapieband für die postoperative Therapie nach Schulteroperationen geeignet.

Zusammenfassung:

1. Das Therapieband ist ein weit verbreitetes, allgemein akzeptiertes Trainingsmittel zur muskulären Stabilisierung in der Rehabilitation.
2. Therapiebänder besitzen die Charakteristik, dass der Widerstand mit zunehmender Dehnlänge, mit dem Maximum am Ende der Bewegung, kontinuierlich zunimmt.
3. Für die Belastungsgestaltung in der Rehabilitation nach Schulteroperationen ist die Belastungsvorgabe in der Therapie durch die alleinige Bestimmung der Bandfarbe als kritisch zu betrachten, da bewegungsabhängige Überlastungen auftreten können.
4. Unter Verwendung der Isokrafttabellen auf der Grundlage der isokinetischen Referenzwerte ist eine indikationsspezifische, exakte Einhaltung der Belastungsvorgabe bei gegebenen Bewegungsausmaß gewährleistet.
5. Das Therapieband ist unter der Berücksichtigung der Anforderungen an den Einsatz als Trainingsmittel für die postoperative Rehabilitation nach Operationen am Schultergelenk zu empfehlen.

6.1.9.2 Verwendung von Seilzugsystemen in der postoperativen Schulterrehabilitation unter Berücksichtigung der isokinetischen Referenzwerte

Seilzugsysteme oder auch Rollenzüge sind aufgrund ihrer hohen Variabilität in der Physiotherapie und der Medizinischen Trainingstherapie etablierte Trainingsgeräte. Aufgrund der Tatsache, dass Seilzüge wie Flaschenzüge funktionieren, ist in Abhängigkeit der Art der Seilzugsysteme, die aufzubringende Kraft bei gleicher Last verschieden.

Buchbauer und Buck (2001) haben eine Klassifikation der Rollenzugsysteme vorgenommen. Aus dieser Klassifikation kann geschlussfolgert werden, dass Rollenzugsysteme der

Klasse I und II für die postoperative Schulterrehabilitation ungeeignet sind, wenn die Gewichtsbelastung ausnahmslos in 5 kg Abstufungen veränderbar ist. Dies würde bedeuten, dass beim Rollenzugsystem der Klasse I mit einer 1:1 Übersetzung das aufgelegte Gewicht der Belastung am Seilende entspricht. Darauf bezogen, müsste der Patient 5 kg bewältigen. Dies könnte frühzeitig nach Operation der Schulter zu Überlastung oder sogar zur Schädigung der frisch operierten Strukturen führen. Für das Rollenzugsystem der Klasse II gilt, dass sich durch die 1:2 Übersetzung die 5 kg am Seilende halbieren würden, was diagnoseabhängig unter Umständen am Anfang der Rehabilitation immer noch zu hoch sein kann. Ebenso wäre bei einer geringeren Abstufung von z. B. 2 kg ein Seilzug der Klasse I nicht zu empfehlen, da zum einen das Ausgangsgewicht u. U. über der erlaubten Belastung liegen könnte, und zum anderen eine akkurat dosierte Belastungssteigerung nicht möglich wäre. Bei einer Belastungssteigerung durch Zunahme eines weiteren Steckgewichts würde eine sofortige Belastungserhöhung um 100% resultieren. Für die Schulterrehabilitation sind demnach die Rollenzugsysteme der Klasse III zu favorisieren, da eine feinere Abstimmung möglich ist (Buchbauer und Kling 2008). Gleichmaßen könnte die verwendete Seilzugart zur Unterforderung des Patienten führen. Wenn z. B. an einem Rollenzugsystem der Klasse III ein Steckgewicht von 6 kg aufgelegt wird, resultiert aufgrund der Umlenkung um 3 bewegliche und 3 feste Rollen, eine Kraft von 1 kg.

Hieraus wird ersichtlich, dass die Kenntnis über die Art des Seilzuges unabdingbare Voraussetzung vor der Anwendung für Schulterpatienten darstellt, um einerseits das Operationsergebnis nicht zu gefährden und andererseits den Patienten nicht zu unterfordern.

Ein Verfahren zur Überprüfung der wirklich auftretenden Effektivkraft am Seilende stellt die Kontrolle mit geeichten Kraftmessgeräten dar. Dies ist ein wichtiger Aspekt, wie die Untersuchungen von Thomas et. al (2001b) zeigten. Sie stellten in ihrer Untersuchung fest, dass durch die zu Bewegungsbeginn am Seilzug auftretende Haftreibung, die Effektivkräfte gewichtsabhängig um bis zu 100% höher sein können als das aufgelegte Gewicht. Eine regelmäßige Wartung ist somit grundlegend.

Ebenso wurden deutlich höhere Effektivkräfte gegenüber dem aufgelegten Gewicht bei beschleunigten Bewegungen gemessen (Thomas et al. 2001b). Dies ist mit der physikalischen Gesetzmäßigkeit zu begründen, wodurch die resultierende Kraft durch die Masse der Last und deren Beschleunigung bestimmt wird. Damit ergibt sich die Anforderung an den Therapeuten, die für die frühe Schulterrehabilitation bedeutungsvolle, langsame und kontrollierte Bewegungsausführung permanent zu beachten.

Durch die Verwendung von Seilzügen mit Mehrfachübersetzungen verringern sich die Beschleunigungskräfte, und somit ist diesen der Vorrang zu geben, um ein schonendes Training zu gewährleisten (Siegele 2005).

Aufgrund der unterschiedlichen Funktionsweise von Seilzug und Seilzugisokinetik ergeben sich voneinander abweichende muskuläre Beanspruchungen. Bei dem Training mit der Seilzugisokinetik wird konzentrisch und exzentrisch gearbeitet, wobei das exzentrische Training in dieser Untersuchung absichtlich niedrigere Steigerungsraten als das konzentrische aufwies, wie die Referenzwerte zeigen. Beim Seilzugtraining wirkt bei der Rückbewegung bis zum Ausgangspunkt die Schwerkraft der Gewichtsbelastung, der ausschließlich durch aktive muskuläre Abbremsarbeit entgegengewirkt werden kann.

Die Haftreibung oder eine mögliche Verkantung der Gewichte in den Führungsstangen bewirken mitunter deutlich geringere exzentrische Kräfte am Seilzug (Schönle und Rödiger 2004).

Unter Beachtung der oben aufgeführten Aspekte können die isokinetischen Referenzwerte für die untersuchten Bewegungsübungen als grundlegende Belastungsvorgaben in Form der Gewichtsbelastung für die konzentrische Komponente am Seilzug genutzt werden.

Für die Umrechnung von N in kg gilt: $1 \text{ N} \approx 0,102 \text{ kg}$ bzw. $1 \text{ kg} = 9,80665 \text{ N}$. Für die praktische Anwendung wird die gerundete Umrechnung empfohlen: $10 \text{ N} = 1 \text{ kg}$. Demgemäß ergeben sich minimale Differenzen im Ergebnis der Kilogrammangabe im Vergleich zur ungerundeten Berechnung. Durch die Aufrundung der Newton ergibt sich jeweils eine geringere Kilogrammangabe als bei der regulären Berechnung. Eine Überschreitung der Belastungsvorgabe ist somit ausgeschlossen.

Zusammenfassung:

1. Seilzugsysteme sind aufgrund ihrer variablen Einsatzfähigkeit etablierte Trainingsgeräte in Physiotherapien und rehabilitativen Einrichtungen.
2. Seilzugsysteme zeichnen sich durch eine konstante Kraft über den Weg aus.
3. Wichtig bei der Anwendung von Seilzugsystemen für die postoperative Schulterrehabilitation ist die Auswahl des Seilzuges (Klasse), die Kenntnis über die auftretenden Effektivkräfte, die regelmäßige Wartung und die therapeutische Kontrolle einer langsame Bewegungsausführung.
4. Mit Beachtung der spezifischen Funktionsweise von Seilzugsystemen kann die Verwendung der isokinetischen Referenzwerte als Orientierung für die Belastungsvorgabe ein sicheres Training im Rahmen der Schulterrehabilitation gewährleisten.

6.2 Leistungsdiagnostische Untersuchungen

Zur Überprüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der kardiopulmonalen Belastung während des Rehabilitationsprogramms fanden zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss leistungsdiagnostische Untersuchungen statt. Im folgenden Teil sollen die erfassten einzelnen Parameter und deren Veränderung während der Rehabilitationsmaßnahme beurteilt werden. Dabei wird im ersten Abschnitt auf die Messgrößen aus den Doppelstufentests eingegangen. Anschließend erfolgt die Einschätzung der gemessenen Parameter, die während der Absolvierung des Rehabilitationsprogrammes gewonnen wurden. Auf die eingesetzten Verfahren zur Erfassung der Messwerte soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Einige Besonderheiten werden kurz erläutert.

Für die Durchführung der Doppelstufentests galt ein standardisiertes Vorgehen als obligatorisch. Die Eichung bzw. Kalibrierung der Systeme wurde vor jedem Test bzw. in den zeitlich festgelegten Zeitintervallen regelmäßig realisiert, um die Messgenauigkeit zu gewährleisten. Die Doppelstufentests fanden in einem dafür ausgestatteten Raum statt, womit konstante Umgebungsbedingungen garantiert wurden.

Für die leistungsdiagnostischen Untersuchungen während der Krankengymnastik und der MTT war eine standardisierte Durchführung ebenfalls von hoher Relevanz. Für die Erfassung reeller Daten stellte die Kalibrierung des tragbaren Systems „K4b²“ eine unabdingbare Voraussetzung dar. Die konstanten Umgebungsbedingungen konnten aufgrund der Räumlichkeiten nicht gewährleistet werden. Es wurde versucht, die Abfolge der Therapien im 2. Test analog die des ersten Tests zu wiederholen. Aufgrund organisatorischer Gegebenheiten konnte diese Bedingung nicht bei allen Tests erfüllt werden. Die Reihenfolge der Therapieinhalte in der MTT erfolgte in beiden Tests im selben Algorithmus.

Die Patienteninstruktion bezüglich des Testprogramms erwies sich von entscheidender Bedeutung, da eine unzureichende Vorbereitung des Patienten, mit der Konsequenz vermehrter Aufregung und Anspannung, verfälschte Messergebnisse zur Folge hätte.

Ziel der Untersuchung war die Registrierung aller relevanten kardiopulmonalen Messgrößen während eines üblichen Therapietages ohne störende Einflüsse, lediglich mit der Option für den Patienten, über den gesamten Zeitraum das „K4b²“ am Körper mitzuführen. Aufgrund der geringen Größe, des geringen Gewichts (<1 kg) und der günstigen Befestigungsmöglichkeit des Systems konnten die Patienten trotz der Testsituation alle Therapieinhalte der Krankengymnastik und die Anforderungen der MTT fast uneingeschränkt durchführen. Mit dem Physiotherapeuten wurde abgesprochen, dass eine

geplante Behandlung in Bauch- oder Rückenlage an diesem Tag aufgrund der Befestigung des Systems nicht möglich war.

6.2.1 Beurteilung der Kenngrößen der körperlichen Leistungsfähigkeit

Im folgenden Abschnitt wird auf repräsentative Parameter, welche die körperliche Leistungsfähigkeit kennzeichnen und zur Beurteilung dieser relevant sind, näher eingegangen. Dabei steht der Vergleich objektiver Parameter zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss im Vordergrund.

6.2.1.1 Werte der Maximalleistung

Die erreichte Maximalleistung stellt innerhalb einer Belastungsuntersuchung eine wesentliche und einfach zu ermittelnde Größe dar. Für die Beurteilung der maximalen Leistung ist ein Bezug zu vorliegenden Normwerten unumgänglich.

Zum Vergleich der Ist-Werte mit den Soll-Werten der maximalen Leistung wurden die vielfach verwendeten Angaben von Löllgen (1990) herangezogen. Zu Reha-Beginn erreichten die Patienten eine maximale Leistung, die im Mittel bei 171,5 Watt lag. Dies entsprach 90% der Sollleistung. Beim 2. Test konnten die Patienten im Mittel die maximale Leistung auf 188,5 Watt steigern. Die Werte der Untersuchungsgruppe ergaben 98% im Vergleich zu den alters-, geschlechts- und körpergewichtsbezogenen Normwerten. Die Resultate ließen eine deutliche Verbesserung der erreichten Maximalleistung erkennen, so dass zum Abschluss der Rehabilitation eine geringe Differenz zu den vorliegenden Referenzwerten konstatiert werden konnte.

Zusammenfassung:

1. Die Beurteilung der Leistungsfähigkeit anhand der Maximalleistung stellt eine zuverlässige und einfache Methode innerhalb der Belastungsuntersuchung dar.
2. Ein Vergleich mit Soll-Werten unter Beachtung der Ergometerform ist zur Einschätzung der erreichten Leistung obligatorisch.
3. In dieser Untersuchung entsprach die Maximalleistung der Patienten zu Reha-Beginn 90% und zum Reha-Abschluss 98% der Sollleistung.

6.2.1.2 Maximale Sauerstoffaufnahme

Bezüglich der maximalen Sauerstoffaufnahme präsentierte sich eine Verbesserung der Werte um 21% zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss. Zum Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit bereits zugrunde liegenden Referenzwerten wurden die Daten von Pothoff et al. (1984) genutzt. Für die maximale Sauerstoffaufnahme ergab sich beim 1. Test durchschnittlich ein Wert von 2077 ml/min. Dies entsprach 85% des Sollwertes. Daraus ließ sich schlussfolgern, dass die Patienten zu Reha-Beginn eine leichte Einschränkung in ihrer Leistungsfähigkeit aufwiesen, welche allerdings im Grenzbereich zur normalen Leistungsfähigkeit lag, weil >85% als „normal“ und 85% bis 70% als „leicht eingeschränkt“ gelten (Kroidl et al. 2007). Beim Wiederholungstest zum Reha-Abschluss konnte ein Wert von im Mittel 2517 ml/min bei den Patienten gemessen werden. Damit erreichten die Patienten 102% in Gegenüberstellung zu den alters- und geschlechtsspezifischen Referenzwerten. Zum Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme zeigten die Patienten eine deutliche Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme, so dass sie prozentual betrachtet einen höheren Wert als die Referenzgruppe aufwiesen, und damit eine Einstufung in die „normale“ Leistungsfähigkeit vorgenommen werden konnte. Inwieweit die Verbesserung der VO_{2max} auf die Inhalte des orthopädisch ausgerichteten Rehabilitationsprogrammes mit Integration konditioneller Anforderungen zurückzuführen war, ließ sich nicht nachweisen. Eine positive Beeinflussung des kardiopulmonalen Systems wurde mit den Inhalten der Rehabilitation angestrebt. Ein nicht ganz unerheblicher Beitrag kann dieser zugeschrieben werden. Aufgrund der mehrwöchigen Immobilisation des Gelenkes wiesen die Patienten mit großer Gewissheit vom Zeitpunkt der Operation bis zum Reha-Beginn ein vermindertes Bewegungsverhalten auf. Dies betraf vor allem die Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion und ventraler Stabilisierung, die eine Ruhigstellung des Gelenkes über vier Wochen verordnet bekamen.

Ein Bewegungsmangel liegt vor, wenn sich eine muskuläre Beanspruchung chronisch unterhalb einer notwendigen Reizschwelle für den Erhalt der funktionellen Kapazität befindet (Hollmann et al. 2009). Bei absoluter 9-tägiger Bettruhe stellten Hollmann et al. (2009) einen Rückgang der maximalen Sauerstoffaufnahme von 21% fest. Dieser Zustand traf für die Patienten zwar nicht zu, jedoch waren außer den Tätigkeiten „Gehen“ und „Alltagsbewältigung“ keine anderen Aktivitäten im täglichen Leben inbegriffen. Somit könnte die reduzierte VO_{2max} zu Reha-Beginn erklärt werden. Ob bereits eine Verminderung der VO_{2max} vor der Operation vorlag, konnte nicht analysiert werden, da

präoperativ keine Untersuchung stattfand. Aufgrund der Integration aerober Ausdauerkomponenten und Kraftausdauer-elementen waren mit diesem kombinierten Programm-ansatz positive kardiopulmonale Effekte zu erwarten. Es ist bekannt, dass durch den Einsatz von weniger als 1/6 der gesamten Skelettmuskelmasse die lokale aerobe und von mehr als 1/6 dieser die allgemeine aerobe Ausdauerfähigkeit bei entsprechenden Belastungsformen verbessert werden kann. In der Literatur wurden Steigerungen der VO_{2max} um 15-25% beschrieben, welche innerhalb eines entsprechenden Trainings über 2-3 Monate erzielt wurden (Hollmann et al. 2009). Dies entspricht den Resultaten aus der eigenen Untersuchung, in der eine Verbesserung der VO_{2max} um 21% nach einem rehabilitativen Training von durchschnittlich 58 Tagen erreicht wurde.

Zur Beurteilung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme gibt es ebenfalls von verschiedenen Autoren unterschiedliche Formeln, welche in der Praxis Anwendung finden. Für den Vergleich der Werte aus der eigenen Untersuchung mit entsprechenden Soll-Werten erfolgte deren Berechnung nach der Formel von Cooper und Storer (2001), welche aus den Daten mehrerer Autoren abgeleitet wurde und von anderen Autoren empfohlen wird (Kroidl et al. 2007). Folgende Soll-Wertformel für die Männer kam zum Einsatz: $VO_{2max} = 50,02 - (0,394 * \text{Alter}) \text{ ml/kg/min}$. Beim 1. Test innerhalb dieser Untersuchung betrug die relative maximale Sauerstoffaufnahme 26,9 ml/min/kg. Das ergab 83% des Soll-Wertes. Zum Abschluss der Rehabilitation konnte beim 2. Test ein Wert von 32,4 ml/min/kg registriert werden. Dieses Resultat spiegelte 99% des Soll-Wertes wider. Anhand der erfassten Werte konnte eine Abschätzung des Trainings- und Fitnesszustandes vorgenommen werden. Ein erniedrigter Fitnesszustand geht mit einer erhöhten kardialen Mortalität einher. Damit stellt die Beurteilung des Fitnessgrades mittels der maximalen Sauerstoffaufnahme ein probates und bedeutungsvolles Verfahren zur Abschätzung des kardiovaskulären Risikos dar (Wonisch et al. 2003a). Sowohl zu Beginn als auch zum Abschluss der Rehabilitation entsprachen die Werte der Untersuchungsgruppe mit einem mittleren Alter von 44,4 Jahren mit 26,9 ml/min/kg und 32,4 ml/min/kg einem durchschnittlichen Fitnessgrad. Um einen guten Fitnesszustand zu erreichen, wären 36 ml/min/kg anzustreben. Als Grundlage dieser Einschätzung diene die Tabelle in Löllgen et al. (1997).

Zusammenfassung:

1. Die maximale Sauerstoffaufnahme gilt als Bruttokriterium der körperlichen Leistungsfähigkeit und stellt damit eine unverzichtbare Größe in der Leistungsbeurteilung dar.
2. Zu Reha-Beginn erreichten die Patienten 85% und zum Reha-Abschluss 102% der VO_{2max} Soll.
3. Mittels des orthopädisch ausgerichteten Programms mit Inhalten zur Förderung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit und der lokalen aeroben Kraftausdauer konnten die Patienten ihre VO_{2max} um 21% steigern.
4. Die relative maximale Sauerstoffaufnahme betrug zu Reha-Beginn 83% und zum Reha-Abschluss 99% des Sollwertes, was einem durchschnittlichen Fitnessgrad entsprach.

6.2.1.3 Maximale Herzfrequenzwerte und Herzfrequenzverhalten

Bei der Bewertung der Resultate muss berücksichtigt werden, ob eine individuelle Ausbelastung erreicht, und damit das maximale Leistungsvermögen ausgeschöpft wurde. Verschiedene Gründe, wie orthopädische Einschränkungen in der unteren Extremität oder Motivationsmangel, können vorzeitige Abbruchgründe ohne das Erreichen einer Ausbelastung darstellen. Anhand der maximalen Herzfrequenz, die sich mit der vielfach verwendeten Formel: $Hf_{max} = 220 - \text{Lebensalter}$ berechnen lässt, konnte eine Beurteilung vorgenommen werden. Da die Hf_{max} einer großen interindividuellen Streuung unterliegt, wird von Wonisch et al. (2008) folgende Formel empfohlen: $Hf_{max} = 220 - \text{Alter} (\pm 15\%)$. Davon ausgehend führte die Überprüfung der maximalen Herzfrequenz in der eigenen Untersuchung zu folgenden Schlussfolgerungen. Unter Verwendung der erst genannten Formel hätten die Patienten mit einem mittleren Alter von 44,4 Jahren eine maximale Herzfrequenz von 175,6 S/min erreichen müssen. Für die Patienten ergab sich im ersten Belastungstest eine maximale Herzfrequenz von 157,6 S/min und im zweiten Test von 160,8 S/min. In eben genannter Reihenfolge entsprach dies 90% und 92% der Soll-Herzfrequenz nach der ersten Formel. Demzufolge waren Abweichungen von 18 S/min im 1. Test und 14,8 S/min im 2. Test zur Soll-Herzfrequenz zu konstatieren. Unter Einbeziehung der $\pm 15\%$ bei zuvor genannter zweiter Formel ergab sich für die Soll-Herzfrequenz ein Wert von 149,3 (–15%) S/min bzw. 201,9 (+15%) S/min. Somit lagen die erreichten maximalen Herzfrequenzen mit 8,3 S/min und 11,5 S/min für Test 1 und 2 über dem unteren Grenzwert. Da sich die Untersuchungsgruppe durch eine erhebliche Alters-

variabilität auszeichnete, konnten ebenfalls beträchtliche interindividuelle Streuungen hinsichtlich der altersbezogenen maximalen Herzfrequenz auftreten. Andererseits gaben zwei der 20 Patienten kurz vor Erreichen der Ausbelastung muskuläre Schwächen in den Beinen an, welches einen vorzeitigen Belastungsabbruch zur Folge hatte und damit die maximale Herzfrequenz nicht erreicht wurde.

Für alle Patienten in dieser Untersuchung ließ sich eine maximale subjektive Anstrengung feststellen, so dass die Motivation keinen Einflussfaktor für das „Nichterreichen“ der Soll-Herzfrequenz nach der erst genannten Formel angesehen werden kann.

Bezüglich des Herzfrequenzverhaltens bei ansteigender Belastung in Gegenüberstellung von Test 1 und 2 ließ sich feststellen, dass in Ruhe und bei den Belastungsstufen 110 und 140 Watt signifikante Unterschiede vorzuweisen waren. Bei gleicher Belastungsstufe und in Ruhe zeigten sich niedrigere Werte der Herzfrequenz beim 2. Test. Dies lässt auf eine verbesserte Ausdauerleistungsfähigkeit schließen.

Zusammenfassung:

1. Die maximale Herzfrequenz gilt als Kriterium der Ausbelastung während einer Leistungsüberprüfung mit ansteigender Belastung.
2. Nach der Formel: $Hf_{\max} = 220 - \text{Alter}$ erreichten die Patienten in beiden Tests nicht die maximale Herzfrequenz. Unter Einbeziehung von einer möglichen Abweichung von 15% lagen die Hf_{\max} -Werte im Normalbereich.
3. Die niedrigeren Werte der Herzfrequenz in Ruhe und in den unteren Belastungsstufen im Vergleich zwischen Test 1 und Test 2 ließen auf eine Verbesserung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit schließen.

6.2.1.4 Blutdruckwerte

Anhand des Blutdruckverhaltens während ansteigender Belastung können frühzeitig Auffälligkeiten, z. B. eine Hypertonie diagnostiziert werden. Zu hohe systolische Blutdruckwerte stellen einen Risikofaktor für die kardiovaskuläre Gesamtmortalität dar (Franz 2003). Somit stellte die indirekte Messung des Blutdrucks zu definierten Belastungsstufen einen obligaten Bestandteil dieser Untersuchung dar.

Das Blutdruckverhalten der Patienten zeigte innerhalb beider Doppelstufentests keine nennenswerten Abweichungen von physiologischen Anpassungserscheinungen an die

jeweilige Belastungsstufe. Die erreichten Blutdruckwerte von 197/91 mmHg in Test 1 und 206/90 mmHg Test 2 zum Zeitpunkt des Belastungsabbruchs zeigten eine normotone Belastungsreaktion. Da zwischen dem systolischen Blutdruck und der Ergometerleistung ein weitgehender linearer Zusammenhang besteht (Winter und Löllgen 1997b), ist der höhere systolische Wert im 2. Test aufgrund der höheren Maximalleistung zu erklären. Der diastolische Blutdruck nimmt während ansteigender Belastung leicht zu oder bleibt konstant (Winter und Löllgen 1997b). Dies spiegeln die Resultate in dieser Untersuchung ebenfalls wider.

Zusammenfassung:

1. Die Blutdruckmessung gilt als obligatorischer Bestandteil einer jeden Belastungsüberprüfung, um Abweichungen von normotonen Belastungsreaktionen frühzeitig zu erkennen und abzuklären.
2. In dieser Untersuchung konnten bei beiden Tests normotone Reaktionen auf die jeweils zugrunde liegende Belastung registriert werden.

6.2.1.5 Anaerobe Schwellenbestimmung

Bei der Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit kommt der Bestimmung spezifischer Schwellen, d. h. der Betrachtung submaximaler Parameter in dem Übergangsbereich von aerober zur anaeroben Energiebereitstellung eine bedeutende Position zu, da diese unabhängig von der Motivation und der Ausbelastung ermittelt werden können. Der Begriff der „anaeroben Schwelle“ ist nach Meinung von Breuer (2004) unsinnig, da eine weite Spanne des aerob/anaeroben Übergangs existiert. Daher ist es unbedingt erforderlich zur Analyse des Übergangsbereiches das zugrunde liegende individuelle Verfahren anzugeben. Im folgenden Teil wird dennoch von der anaeroben Schwelle gesprochen, mit der Gewissheit, dass es sich um einen Übergangsbereich handelt. Ähnlich vielfältig wie bei den Begriffsbestimmungen verhält es sich mit den Angaben der Prozentsätze im Bereich der anaeroben Schwelle in Bezug zur maximalen Sauerstoffaufnahme. Winter und Löllgen (1997a) geben diese für >60% (normal), 40-60% (grenzwertig) und <40% (pathologisch) der VO_{2max} an. Bei Kindermann (2004) reicht der Bereich der anaeroben Schwelle von 60-85% und bei Breuer (2004) von 40-75% der VO_{2max} . Kroidel et al. (2007) geben diese bei 50-60% (normal) und 80% (Sportler) von VO_{2max} an.

In dieser Untersuchung erfolgte die Bestimmung der ventilatorischen anaeroben Schwelle anhand der Auslesung aus dem V_E -Zeit-Diagramm. Aufgrund der subjektiv-visuellen Analyse können Abweichungen zu anderen Methoden der ventilatorischen Schwellenbestimmung auftreten. Einen anderen wichtigen Aspekt stellt die Tatsache dar, dass für die Interpretation der Schwelle in Bezug zur VO_{2max} diese auch erreicht werden müsste. Ein Bezug zur individuell erreichten maximalen Sauerstoffaufnahme, was die VO_{2peak} ausdrückt, könnte verfälschte Aussagen über die ventilatorische Schwelle verursachen (Kroidl et al. 2007). Aufgrund dieser Gegebenheit erfolgte die Einschätzung der erfassten Werte in Bezug auf die $VO_{2max}Soll$ und für die individuell erreichte VO_{2max} , die in dieser Untersuchung trotz des eventuellen „Nichterreichens“ generell so terminiert wurde. Zum Zeitpunkt der ventilatorischen Schwelle betrug die Sauerstoffaufnahme der Patienten 1506 (± 305) ml/min beim 1. Test zu Reha-Beginn. Dies entsprach 73% der VO_{2max} und 61% der $VO_{2max}Soll$. Da die Werte nach Kroidl et al. (2007) beim Erkrankten von $<40\%$, beim Gesunden um 60% und beim Sportler um 80% betragen, kann geschlussfolgert werden, dass der Wert der Patienten im Normalbereich lag, obwohl sie die $VO_{2max}Soll$ nicht erreicht hatten. Bei der Absolvierung des 2. Tests zum Reha-Abschluss ergab sich eine Sauerstoffaufnahme von 1909 (± 289) ml/min zum Zeitpunkt der ventilatorischen Schwelle. Dieser Wert entsprach 76% der VO_{2max} und 77% der $VO_{2max}Soll$. Daraus wird ersichtlich, dass aufgrund der über den Normwerten liegenden maximalen Sauerstoffaufnahme im 2. Test der Prozentsatz der ventilatorischen Schwelle bei der $VO_{2max}Soll$ höher war als der von der VO_{2max} . Als Schlussfolgerung ergab sich ein verbesserter Trainingszustand zum Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme als zu Beginn der Therapie. Die Unterschiede zwischen den Werten der Sauerstoffaufnahme zum Zeitpunkt der ventilatorischen Schwelle beider Tests waren signifikant. Bezogen auf die bis dahin absolvierte Leistung an der ventilatorischen Schwelle ergaben sich für den 1. Test im Mittel 121,2 ($\pm 26,2$) Watt und im 2. Test im Mittel 140,6 ($\pm 27,9$) Watt. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied. Im ersten Test entsprachen die Werte 71% von P_{max} und 63% von $P_{max}Soll$. Im zweiten Test waren Werte von 75% von P_{max} und 73% von $P_{max}Soll$ zu konstatieren. Da ein linearer Verlauf zwischen der absolvierten Leistung und der Sauerstoffaufnahme besteht, sind dieselben Prozentsätze in Bezug zu den individuellen Maximalwerten und den Sollwerten zu erwarten. Dies traf annähernd zu. Die minimalen Abweichungen können mit der Verwendung der Sollwerttabellen, die unterschiedlichen Autorengruppen entstammen, erklärt werden.

Ein anderes Verfahren zur Ermittlung der anaeroben Schwelle stellt der Laktatsenkentest

nach Braumann et al. (1991) dar. Dabei stimmt der tiefste Punkt der Laktatleistungskurve mit dem MaxLass überein, also jenem Bereich, in dem während einer Dauerbelastung ein Gleichgewicht zwischen Laktatneubildung und -elimination besteht. In dieser Untersuchung lag im 1. Test die Laktatsenke bei 111,1 ($\pm 25,4$) Watt. Dies entsprach 65% von P_{\max} . Beim Abschlusstest war der tiefste Kurvenpunkt, die Senke, bei einer mittleren Leistung von 117,4 ($\pm 33,3$) Watt zu konstatieren, 62% von P_{\max} . Anhand der erreichten Werte zum Zeitpunkt der Laktatsenke war eine Verbesserung der Leistung im Verlauf der Rehabilitation zu erkennen. Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Leistungen von Test 1 zu Test 2.

Aufgrund der unterschiedlichen Analysemethoden weichen die anaeroben Schwellenwerte, die aus respiratorischen Größen und mittels der Laktatanalyse in dieser Untersuchung bestimmt wurden geringfügig voneinander ab. In Bezug zur maximalen Leistung betrug die Abweichung für den 1. Test 6% und für den 2. Test 12%. Dabei lag die anaerobe ventilatorische Schwelle in beiden Tests höher als die anaerobe Laktatschwelle. Kindermann (2004) gibt einen Bereich der Übereinstimmung zwischen dem zweiten überproportionalen Anstieg der Ventilation und der anaeroben Laktatschwelle an, aber keine punktgenaue Gleichheit dieses. Das deckt sich mit den eigenen Resultaten. Zusätzlich konnten Abweichungen aufgrund der subjektiv-visuellen Bestimmung der ventilatorisch anaeroben Schwelle auftreten. Ebenfalls war eine fehlerhafte Analyse aufgrund des durchgeführten Stufentests möglich, da durch den stufenförmigen Anstieg Artefakte auftreten können, welche als Schwellen interpretiert werden (Kindermann 2004, Hollmann et al. 2006, Meyer 2007).

Zusammenfassung:

1. Die Bestimmung anaerober Schwellen aus respiratorischen Größen oder dem Laktatverhalten erlaubt die Beurteilung der Leistungsfähigkeit unabhängig von der Motivation und Ausbelastung des Untersuchten.
2. Die Patienten konnten die Leistung zum Zeitpunkt der ventilatorischen anaeroben Schwelle von 121,2 Watt zu Reha-Beginn auf 140,6 Watt zum Reha-Abschluss verbessern. Dies entsprach 71% und 75% der P_{\max} . Die aerobe Leistungsfähigkeit nahm zu. Die ermittelten Schwellenwerte lagen zu allen Zeitpunkten im Normalbereich.
3. Die Patienten konnten die Leistung zum Zeitpunkt der Laktatsenke (anaerobe Schwelle) von 111,1 Watt zu Reha-Beginn auf 117,4 Watt zum Reha-Abschluss verbessern. Dies entsprach 65% und 62% der P_{\max} .

6.2.2 Beurteilung der einzelnen Parameter und der kardiopulmonalen Belastung während des Rehabilitationsprogramms

Um die kardiopulmonale Beanspruchung innerhalb der Therapie zu evaluieren, erfolgte die Erhebung und Auswertung relevanter Messgrößen während der Maßnahmen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Dabei wurden die unterschiedlichen Belastungsanforderungen in Abhängigkeit des Therapieinhaltes betrachtet, miteinander verglichen und deren Veränderung in Folge der Belastungsanpassung im Verlauf der Therapie analysiert. Grundlegend war das Therapieprogramm orthopädisch mit kraftausdauerorientierten Inhalten für die obere Extremität und den Rumpf ausgerichtet. Außerdem wurde das Handkurbelergometer obligatorisch und das Fahrradergometer fakultativ zur Verbesserung der lokalen aeroben bzw. der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit in das Programm integriert. Zu Reha-Beginn galt die Prämisse auf die operierten Strukturen regenerierend einzuwirken und diese nicht durch zu hohe Belastungsanforderungen zu gefährden. Infolgedessen wurden die Belastungen für alle Patienten niedrig angesetzt, was sich in den Resultaten der einzelnen Messgrößen widerspiegelt. In den ersten Rehabilitationstagen entsprach die Belastungsanforderung vorerst einem ausschließlichen Koordinationstraining. Im Verlauf der Rehabilitation wurde der Schwerpunkt auf das Kraftausdauertraining gelegt.

6.2.2.1 Steigerungen der isokinetischen Kraft

Der Rehabilitationszeitraum betrug im Mittel 64 Tage, was ungefähr 2 Monaten entsprach. Dabei stellt die Anzahl der Tage nicht die tatsächliche Rehabilitationsdauer dar, weil die zugrunde liegenden Daten der isokinetischen Kraft an den jeweiligen Testtagen erfasst wurden. Die absolute Rehabilitationsdauer war geringfügig länger, da die Tests wenige Tage nach Beginn bzw. einige Tage vor Beendigung der Rehabilitation durchgeführt wurden.

Im Verlauf der Rehabilitation konnten die Patienten die isokinetischen Kraftwerte für die Adduktion, Innenrotation und Außenrotation auf der gesunden und operierten Seite deutlich verbessern. Dies spiegelte sich in den signifikanten Unterschieden zwischen den Werten von Reha-Beginn und Reha-Abschluss wider. Zum Abschluss der Rehabilitation ließen sich keine Differenzen der isokinetischen Kraft bei der Innenrotation und Außenrotation feststellen. Für die Werte der Außenrotation ergab sich ein geringes Kraftdefizit

der operierten Seite gegenüber der gesunden Seite. Der Unterschied war nicht signifikant. Da die gesunde Seite analog der operierten Seite trainiert wurde, waren ebenfalls Verbesserungen auf dieser Seite zu konstatieren. Das Training der gesunden Seite fand am Einzelseilzug statt. Bezüglich der isokinetischen Kraft auf der operierten Seite konnten Steigerungen vom Beginn bis zum Abschluss der Rehabilitation bei der Adduktion, Innenrotation und Außenrotation um 83%, 105% und 70% nachgewiesen werden. Für die isokinetischen Kraftwerte der gesunden Seite ergaben sich Steigerungen für die Adduktion, Innenrotation und Außenrotation um 7%, 11% und 21%.

Zusammenfassung:

1. Mit der Seilzugisokinetik als Schwerpunkt dieses Rehabilitationsprogramms konnten die Patienten mit unterschiedlichen Indikationen an der Schulter deutliche Verbesserungen der isokinetischen Kraft auf der operierten Seite erreichen.
2. Nach einem Rehabilitationszeitraum von ca. zwei Monaten war kein signifikanter Kraftunterschied zwischen operierter und gesunder Seite zu konstatieren.
3. Die Seilzugisokinetik stellte ein effizientes Mittel zur funktionellen Kraftsteigerung im Rahmen der postoperativen Rehabilitation nach Operationen am Schultergelenk dar.

6.2.2.2 Sauerstoffaufnahmewerte

Die höchsten Werte der Sauerstoffaufnahme wiesen die Patienten beim Ergometertraining auf. Zu Reha-Beginn trainierten 14 Patienten auf dem Fahrradergometer mit 74% der VO_{2max} . Zum Reha-Abschluss waren es 61% der VO_{2max} . Für den Bezug zur VO_{2max} wurden ausschließlich die Werte der 14 Patienten herangezogen. Aufgrund der Verbesserung der VO_{2max} ergab sich ein geringerer Prozentsatz zum Abschluss der Therapie, obwohl sich die zu absolvierende Wattleistung für die Patienten auf dem Fahrradergometer im Verlauf der Therapie erhöhte. Die Intensitäten lagen im Bereich zur Verbesserung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit. Für die Patienten erfolgte im Rahmen der Belastungssteigerung für das Training auf dem Fahrradergometer keine gezielte Trainingssteuerung, da das Ergometertraining als fakultativer Bestandteil des Programms galt. Beim Handkurbelergometer erreichten die Patienten zu Reha-Beginn 37% und zum Reha-Abschluss 40% der VO_{2max} . Eine Intensitätssteigerung war ersichtlich. Aufgrund der verbesserten Schulterfunktion konnte die Belastung sukzessiv gesteigert werden. Die geringsten Werte

der Sauerstoffaufnahme präsentierten sich bei der Krankengymnastik zum Reha-Abschluss von 21% der VO_{2max} . Bei den Bewegungen an der Seilzugisokinetik und der Übung am Doppelseilzug lagen die Werte der Sauerstoffaufnahme zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in einem Bereich zwischen 24% und 32% der VO_{2max} . Bei alleiniger Betrachtung der Sauerstoffaufnahmewerte für die einzelnen Therapieinhalte ließ sich schlussfolgern, dass die notwendigen Reize, die zu einer Verbesserung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit führen würden, bei den Bewegungsübungen an der Seilzugisokinetik, am Doppelseilzug, in der Krankengymnastik und dem Ergometertraining an der Handkurbel zu gering waren. Dafür wären 45%- 50% der maximalen Sauerstoffaufnahme notwendig (Zimmermann 2000). Durch eine entsprechende Belastungsintensität an der Handkurbel wäre die Reizsetzung ebenfalls möglich gewesen. Es bestand die Notwendigkeit, die operierten Strukturen keiner Gefahr durch zu hohe Belastungsintensitäten auszusetzen. Aufgrund des Einsatzes kleiner Muskelgruppen wurden die lokale aerobe und die lokale anaerobe Muskelausdauer verbessert, die sich längerfristig ebenfalls positiv auf das gesamte Herz-Kreislauf-System auswirkt.

Zusammenfassung:

1. Anhand der Messung der Sauerstoffaufnahme konnte eine Einschätzung der Belastungsintensität der Therapieinhalte vorgenommen werden.
2. Zur Verbesserung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit konnte ausschließlich das Training auf dem Fahrradergometer beitragen. Mittels der anderen Therapieinhalte wurde die lokale aerobe und lokale anaerobe Muskelausdauer trainiert.
3. Durch die schulterspezifischen Übungen mit dem Training von kleinen Muskelgruppen waren keine größeren Zunahmen der Sauerstoffaufnahme zu verzeichnen.

6.2.2.3 Herzfrequenzwerte

Die höchsten Herzfrequenzwerte ergaben sich für die Patienten während des Trainings auf dem Fahrradergometer. Zu Reha-Beginn wurden Werte von 74% und zum Reha-Abschluss 77% der Hf_{\max} erreicht. Berücksichtigt wurden hierfür ausschließlich die maximalen Herzfrequenzwerte der 14 Patienten, die das Fahrradergometer durchführten. Beim Training am Handkurbelergometer waren Herzfrequenzwerte von 53% zu Reha-Beginn und 62% zum Reha-Abschluss der Hf_{\max} gemessen worden. Bei der Krankengymnastik wurden Hf -Werte der Patienten von 83 S/min erfasst, die nur unwesentlich über den Ruheherzfrequenzen lagen, so dass diese Behandlungsform keine erhöhte kardiopulmonale Belastung indizierte und damit auch keine Anpassungserscheinungen aufgrund dieser Intensität zu erwarten waren. Bei den anderen Therapieinhalten lagen die Werte der Hf der Patienten zu Reha-Beginn in einem Bereich zwischen 89 S/min und 98 S/min. Dies entsprach 57% bis 62% der Hf_{\max} . Ähnlich verhielt es sich zum Reha-Abschluss. Es wurden Hf -Werte gemessen, die zwischen 96 S/min und 99 S/min lagen. Dies entsprach 60% bis 62% der Hf_{\max} . Bezogen auf die Ruheausgangswerte stiegen die Herzfrequenzen der Patienten bei den Übungen an der Seilzugisokinetik und dem Doppelseilzug moderat an. Die höheren Hf -Werte zum Reha-Abschluss können mit der angestiegenen Belastungsintensität erklärt werden. In anderen Untersuchungen wurden Hf -Werte bei verschiedenen Kraftausdauerinhalten ermittelt, die zwischen 97 und 121 S/min lagen (Zimmermann 2000). Damit zeigten die erfassten Hf -Werte in der eigenen Untersuchung bei den verschiedenen Übungsbeanspruchungen annähernd gleiche Resultate wie in anderen Studien. Ein direkter Vergleich ist unangebracht, da die Herz-Kreislaufreaktionen von der Größe der eingesetzten Muskelgruppe, der Belastungsintensität und der Belastungsdauer abhängen.

Zusammenfassung:

1. Anhand der Herzfrequenzmessung konnte die Belastungsintensität der verschiedenen Therapieinhalte beurteilt werden.
2. Die ermittelten Herzfrequenzen lagen bei den Bewegungsübungen der Schulter im unteren Bereich im Vergleich mit anderen Kraftausdauerbelastungen.
3. Durch die schulterspezifischen Übungen mit dem Training von kleinen Muskelgruppen waren keine größeren Anstiege der Herzfrequenzen zu konstatieren. Bei allen Bewegungsübungen zu Reha-Beginn und am Reha-Abschluss lagen die Herzfrequenzen in einem Bereich zwischen 57% und 62% der maximalen Herzfrequenz.

6.2.2.4 Blutdruckwerte

Im Vergleich mit den anderen Therapieinhalten ließen sich bei den Patienten beim Training an der Seilzugisokinetik die höchsten systolischen und diastolischen Werte als Blutdruckreaktionen feststellen.

Einerseits kommt es infolge der Muskelkontraktion in der Arbeitsmuskulatur reflektorisch zur Vasokonstriktion in nicht beanspruchten Körperregionen, wodurch der periphere Widerstand erhöht wird. Andererseits spielt bei höheren Kraftbelastungen der ausgelöste Pressdruck eine wesentliche Rolle als Ursache für die Herz-Kreislaufreaktionen (Zimmermann 2000). Neben der Beanspruchung kleiner Muskelgruppen an der Seilzugisokinetik konnte die relativ kurze Belastungsdauer und die mittlere bis hohe Belastungsintensität der Bewegungsübungen zur teilweisen Pressatmung geführt haben, was sich in einem zusätzlichen Blutdruckanstieg widerspiegelte. Auffällig waren die diastolischen Blutdruckwerte zum Reha-Abschluss, welche im Mittel zwischen 103 mmHg und 108 mmHg lagen. Die systolischen Werte zu diesem Messzeitpunkt betrugen im Mittel 159 mmHg bis 169 mmHg. Intensive dynamische Muskelbeanspruchung bedeutet für das Herz im wesentlichen Druckarbeit und nicht Volumenarbeit. In der eigenen Untersuchung präsentierten sich deutlich höhere systolische und diastolische Werte des Blutdruckes als in anderen Studien. Ein Grund dafür war die höhere Belastungsintensität zum Reha-Abschluss. Zum anderen könnte aufgrund der größeren Beanspruchung ein durch Pressatmung verursachter zusätzlicher Blutdruckanstieg zu erhöhten Blutdruckwerten geführt haben. Seiffert et al. (1990) ermittelten bei Kraftausdauerbelastungen nach der extensiven Intervallmethode systolische Blutdruckwerte zwischen 118 und 137 mmHg und diastolisch zwischen 85 und 92 mmHg.

Zusammenfassung:

1. Anhand der indirekten Blutdruckmessung konnte eine Beurteilung zur Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems durch die Therapieinhalte vorgenommen werden.
2. Infolge der Beanspruchung kleiner Muskelgruppen im Rahmen des Kraftausdauertrainings und einer möglichen Pressatmung, die gerade zum Reha-Abschluss durch die höheren Belastungsreize auftrat, kam es zu deutlichen Anstiegen der diastolischen Blutdruckwerte.
3. Im Rehabilitationsbereich ist die Blutdruckmessung belastungsabhängig zu empfehlen, um kardiovaskuläre Risiken frühzeitig zu erkennen.

6.2.2.5 Gesamtbetrachtung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der kardiopulmonalen Belastung während des Rehabilitationsprogramms und Schlussfolgerungen für die Praxis

Im Rahmen dieser Rehabilitationsmaßnahme war das vorrangige Ziel, die Funktionalität der Schulter nach operativem Eingriff wiederherzustellen. Durch die verschiedenen Therapieinhalte konnte diese Zielstellung erreicht werden, auch wenn in dieser Untersuchung ausschließlich die Entwicklung der isokinetischen Kraft betrachtet wurde.

Aufgrund der Immobilisation des Gelenkes und der damit einhergehenden temporären Minderaktivität oder der generellen Untrainiertheit geschuldet, kann die körperliche Leistungsfähigkeit der Patienten eingeschränkt sein.

Die Überprüfung dieses Aspekts sollte untersucht werden. Außerdem war die Frage, inwieweit ein orthopädisch ausgerichtetes schulterspezifisches Programm zu einer Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit beitragen kann. Als nicht weniger bedeutungsvoll für die orthopädische Rehabilitation ist die Tatsache, dass aufgrund der immer älter werdenden und durch Bewegungsmangel gekennzeichneten Gesellschaft viele Patienten zu dem grundlegendem orthopädischen Problem zusätzlich eine Erkrankung des Herz-Kreislauf-Systems aufweisen. Damit könnte das Rehabilitationsprogramm die tolerable Belastungsfähigkeit aus kardiopulmonaler Sicht überschreiten und gefährliche Reaktionen infolge der Überbeanspruchung auslösen.

Innerhalb des „schulterspezifischen“ Therapieprogramms mit der Integration des Fahrradergometers als einziges unspezifisches Schultertrainingsgerät konnten die Patienten ihre körperliche Leistungsfähigkeit verbessern. Die Patienten wiesen zum Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme eine körperliche Leistungsfähigkeit auf, die dem alters- und geschlechtsspezifischen Normwert entsprach. Damit konnte das Rehabilitationsprogramm zur Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit beitragen. Den größten Anteil nahmen dabei die Ergometerbelastungen auf dem Fahrrad und der Handkurbel zur Verbesserung der allgemeinen aeroben und der lokalen aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit ein. Durch die kraftausdauerorientierten Inhalte wurden, neben der Entwicklung der Kraft, die aerobe und anaerobe lokale Muskelausdauer gefördert, was sich insgesamt durch lokale hämodynamische und metabolische Veränderungen positiv auf das gesamte Herz-Kreislauf-System auswirkte. Die positiven Resultate eines Kraftausdauertrainings auf das kardiovaskuläre System bestätigen die vermehrt durchgeführten Studien für kardiologische

Patienten in diesem Bereich, wie in der Literatur bestätigt wird (Christodoulos et al. 2003, Bjarnason-Wehrens et al. 2004, Wonisch et al. 2009).

Insgesamt führten die Belastungsintensitäten der Therapieinhalte zu keinen Reaktionen des Herz-Kreislauf-Systems, die eine Anwendung für orthopädische Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen nicht gestatten würde. Davon ausgeschlossen sind schwere Herz-Kreislauf-Erkrankungen, wo eine individuelle Belastbarkeitsprüfung vorher durchgeführt werden müsste. Als besonders beachtenswert bei der Durchführung des Programms ist v. a. das Blutdruckverhalten, da sich diastolisch erhebliche Anstiege bei der Beübung kleiner Muskelgruppen nachweisen ließen. Durch die indirekte Messung während der Übungsausführung kann das Blutdruckverhalten überwacht werden. Einen anderen wichtigen Gesichtspunkt stellt die Vermeidung der Pressatmung, die vornehmlich bei intensiveren dynamischen Belastungen auftritt, dar. Über mündliche Hinweise an den Patienten, eine gleichmäßige Atmung beizubehalten, kann dies gewährleistet werden.

Bei Beachtung dieser Aspekte ist das kraftausdauerorientierte Programm für Schulterpatienten mit dem Vorliegen einer Herz-Kreislauf-Erkrankung, die keinen Ausschluss vom Programm fordert, für die postoperative Therapie zu empfehlen.

Zusammenfassung:

1. Die körperliche Leistungsfähigkeit der Patienten konnte durch ein orthopädisch ausgerichtetes Rehabilitationsprogramm innerhalb von zwei Monaten verbessert werden.
2. Das Programm kann bezüglich der kardiopulmonalen Belastung während der Rehabilitation mit den durchgeführten Intensitäten unter Beachtung des Blutdruckverhaltens für Schulterpatienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen empfohlen werden.

7 Zusammenfassung

Eine voll funktionsfähige Schulter bildet die Grundlage, um den Anforderungen des Alltags, Berufs und Sports bis ins hohe Alter gerecht zu werden. Ein Funktionsverlust des Schultergelenks infolge eines Impingement-Syndroms, einer Instabilität oder einer Ruptur der Rotatorenmanschette führt unweigerlich zu negativen Auswirkungen für den gesamten Organismus. Die operative Therapie stellt zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit eine bedeutende Maßnahme dar. Einen beachtenswerten Anteil zur Sicherstellung des operativen Eingriffes besitzt die postoperative Rehabilitation zur Wiedererlangung des vollen Bewegungsumfanges, der Schmerzfreiheit und der funktionellen Kraftfähigkeit. Durch die spezifische Arbeitsweise und die Option der objektiven Datenerfassung stellt die Seilzugisokinetik eine kontrollierte Methode zur Wiederherstellung der Kraftfähigkeit nach operativen Eingriffen am Schultergelenk dar.

Als eine Zielstellung für diese Arbeit galt es, isokinetische Referenzwerte aus den gewonnenen Daten der isokinetischen Kraftentwicklung für die vorrangig an der Schulter anzutreffenden Indikationen für Männer und Frauen zu erstellen. Weiterhin sollten die Therapie beeinflussende Faktoren, wie die Beweglichkeit und das Schmerzverhalten über den Rehabilitationszeitraum evaluiert werden. Als wesentliche Kriterien zur Beurteilung des Ergebnisses der Therapiemaßnahme sollten neben der Erhebung der objektiven Parameter, die subjektiven Einschätzungen der Patienten anhand von Fragebögen herangezogen werden. Erst die Gesamtheit aller spezifischen Einflussgrößen der postoperativen Rehabilitation lässt eine Beurteilung über die Effizienz dieser Intervention zu.

Eine weitere Zielstellung dieser Arbeit war die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit der Patienten zu Beginn und zum Abschluss der Rehabilitation. Diesbezüglich galt es repräsentative Parameter, wie spirometrische Messgrößen, die maximale Leistung, das Laktatverhalten, den Blutdruck und die Herzfrequenz innerhalb von Doppelstufentests zu erheben. Zusätzlich sollten spezifische Messgrößen der körperlichen Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der Belastungsintensität für die einzelnen Therapieinhalte der Rehabilitation zu Beginn und zum Abschluss erfasst werden, um eine Einschätzung der kardiopulmonalen Belastung während einer orthopädisch ausgerichteten Rehabilitation vornehmen zu können.

Innerhalb dieser Arbeit wurden folgende Methoden angewendet und Patienten einbezogen: Bei 90 Patienten wurde über 20 Rehabilitationstage die funktionelle isokinetische Kraftentwicklung unter Verwendung des Seilzuggerätes „Moflex[®]“ für die Adduktion, Innenrota-

tion und Außenrotation untersucht. Zusätzlich erfolgte die tägliche Schmerzquantifizierung durch die Patienten anhand einer visuellen Analogskala. Zur Analyse der aktiven Beweglichkeit maß der zuständige Arzt die relevanten Bewegungen im Schultergelenk nach der Neutral-Null-Methode zu Beginn und zum Abschluss der Rehabilitation. Für die subjektive Einschätzung der Patienten zur Beurteilung des jeweiligen Ist-Zustandes zu spezifischen Zeitpunkten der Rehabilitationen kamen Fragebögen zur Anwendung. Die Überprüfung der selbst eingeschätzten Schulterfunktion aller Patienten erfolgte mit dem schulterspezifischen Fragebogen DASH und die des allgemeinen Gesundheitszustandes mit dem SF-36-Health-Survey.

Bei 20 männlichen Patienten wurde zu Beginn und zum Abschluss der Rehabilitation die körperliche Leistungsfähigkeit mittels eines Doppelstufentests in halbliegender Position überprüft. Die Ermittlung spirometrischer Messgrößen anhand der Breath-by-Breath Atemgasanalyse, die Laktatbestimmung und die Herzfrequenzerfassung unter ständiger EKG-Überwachung galten als obligate Bestandteile der Doppelstufentests. Zur Evaluation der kardiopulmonalen Belastung bei den verschiedenen Therapieinhalten wurden die leistungsdagnostischen Untersuchungen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in den Räumen der Physiotherapie und der MTT durchgeführt. Dabei wurden therapieabhängig die respiratorischen Größen mit dem tragbaren Spirometriesystem „K4b²“ der Fa. Cosmed ermittelt, die Blutdruckmessung nach Riva Rocci durchgeführt und die isokinetischen Kraftwerte mit dem Seilzugisokinetikgerät „Moflex[®]“ gemessen.

Die Untersuchung zur Seilzugisokinetik erbrachte folgende Resultate: Mit der Anwendung eines standardisierten Rehabilitationsprogramms konnten die Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression, offener ventraler Stabilisierung und offener Rekonstruktion der Rotatorenmanschette kontinuierliche Steigerungen der funktionellen isokinetischen Kraft für die verschiedenen Bewegungsformen erreichen. Aus dem Verlauf über 20 Behandlungstage wurden indikationsspezifische isokinetische Referenzwerte in Form von Regressionsgeraden und Regressionsgleichungen für Männer und Frauen getrennt erstellt. Bei allen Patienten konnten zum Reha-Abschluss keine relevanten Differenzen der isokinetischen Kraft zwischen operierter und gesunder Seite festgestellt werden. Die Schmerzstärke wurde durch die Patienten über den ganzen Rehabilitationszeitraum als gering bis sehr gering eingeschätzt. Bezüglich der aktiven Beweglichkeit konnte die zu Beginn der Rehabilitation aufgetretene Seitendifferenz bei den meisten Bewegungen weitestgehend ausgeglichen werden. Es bestanden indikationsabhängig vornehmlich bei der Anteversion, Abduktion und Außenrotation geringe Restdefizite im Vergleich zur gesunden Gegenseite.

Die Befragung der Patienten mit dem standardisierten DASH-Fragebogen ergab bei allen Patienten eine Verbesserung der anfänglich eingeschränkten Schulterfunktion innerhalb der Rehabilitation, so dass zum Reha-Abschluss lediglich geringe Einschränkungen bei der Ausführung von Routinetätigkeiten des täglichen Lebens angegeben wurden. Ebenfalls konnte durch die Rehabilitation der allgemeine Gesundheitszustand, worin die körperliche, emotionale, soziale und psychische Komponente gleichwertig einfließen, verbessert werden. Die Patienten wiesen zum Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme gegenüber dem Reha-Beginn ein höheres Maß an Lebensqualität auf.

Die leistungsdiagnostischen Untersuchungen während der Rehabilitation erbrachten folgende Ergebnisse: Die Patienten konnten innerhalb eines orthopädisch ausgerichteten Rehabilitationsprogramms ihre körperliche Leistungsfähigkeit verbessern. Dies zeigte sich bei den durchgeführten Doppelstufentests in einer Steigerung der Maximalleistung, der Zunahme der maximalen Sauerstoffaufnahme und der Verbesserung der Leistung zu spezifischen Zeitpunkten (ventilatorische Schwelle und Laktatsenke) im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss.

Im Rahmen der Leistungsdiagnostik während der verschiedenen Therapieanforderungen wurden bei allen gemessenen Parametern zum Reha-Abschluss zumeist höhere Werte, aufgrund der ansteigenden Belastung im Therapieprozess, als zu Reha-Beginn ermittelt. Bezogen auf die Sauerstoffaufnahme ergaben sich die höchsten Werte für die Patienten bei der Absolvierung des Fahrradergometers und folgend des Handkurbelergometers und die niedrigsten Werte bei der Krankengymnastik sowohl zu Reha-Beginn als auch zum Reha-Abschluss. An der Seilzugisokinetik wurden bei den Patienten zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss die höchsten Blutdruckwerte im Vergleich mit den anderen Therapieinhalten gemessen. Die höchsten Werte der Herzfrequenz wurde bei den Patienten zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss auf dem Fahrradergometer und die niedrigsten bei der Krankengymnastik registriert.

Schlussfolgernd lässt sich für die Untersuchung an der Seilzugisokinetik feststellen, dass die Patienten ein gutes bis sehr gutes funktionelles Ergebnis aufwiesen. Dies reflektieren die objektiven Resultate und die subjektiven Einschätzungen. Als bedeutend innerhalb der Therapie stellte sich die Anwendung der Seilzugisokinetik dar, womit ein tägliches schmerzangepasstes Training gewährleistet wurde. Die Untersuchungsergebnisse bestätigen den postoperativen Einsatz des Seilzuggerätes „Moflex[®]“ als therapeutische Intervention nach operativen Eingriffen am Schultergelenk. Die erstellten indikationsspezifischen isokinetischen Referenzwerte, in Form von Regressionsgeraden und Regressionsglei-

chungen, bilden die Grundlage für die in der Nachsorge von Patienten nach Schulteroperationen geltende Prämisse einer effizienten und risikofreien Belastungsgestaltung im Rahmen der postoperativen Rehabilitation. Anhand der Referenzwerte (ventrale Stabilisierung, S. 76/ 77; ASD, S. 97/ 98; Rotatorenmanschettenrekonstruktion, S. 120/ 121) können Therapieverläufe unter Berücksichtigung der Immobilisationszeit, des postoperativen Rehabilitationsbeginns und der Therapiedauer evaluiert und kontrolliert werden. Des Weiteren können anhand der Empfehlungen für die Verwendung des Therapiebandes (S. 135-137) und des Seilzuges in der Schulterrehabilitation Belastungsgestaltungen vorgenommen werden, die z. B. über die ausschließliche Bestimmung der Therapiebandfarbe hinausgehen, und damit eine zuverlässigere Therapie garantieren. Diese Untersuchung leistet einen Beitrag für die postoperative Rehabilitation nach Eingriffen am Schultergelenk als konkretes Nachbehandlungskonzept für die verschiedenen Indikationen. Zu den leistungsdiagnostischen Untersuchungen lässt sich abschließend erwähnen, dass das schulterpezifische ausgerichtete Therapieprogramm neben den erzielten Resultaten für das Schultergelenk ebenfalls positive Effekte für die allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit präsentierte. Damit zeigt sich der ganzheitliche Effekt, trotz der vorrangig die Schulter betreffenden indikationsspezifischen Therapieanwendungen. Aus den erhobenen intensitätsabhängigen Parametern Sauerstoffaufnahme, Blutdruck und Herzfrequenz während der Bewältigung der Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss können Ableitungen für Rehabilitationsinhalte von Schulterpatienten mit Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems gezogen werden. Grundsätzlich wäre das Rehabilitationsprogramm mit den zugrunde liegenden Belastungsintensitäten und der damit folgenden Beanspruchung für das kardiopulmonale System ebenfalls für Schulterpatienten mit vorliegender Herz-Kreislauf-Erkrankung durchzuführen.

Für weiterführende Untersuchungen im Rahmen der Seilzugisokinetik könnte die Erweiterung der Indikationsgruppen vorgenommen werden, um ebenfalls Referenzwerte für andere Diagnosen, z. B. für Patienten mit endoprothetischem Ersatz an der Schulter, zu erstellen. Aufgrund der steigenden Lebenserwartung und der daraus folgenden Zunahme von endoprothetischen Operationen wäre dies eine Patientenklientel für zukünftige Studien unter Verwendung der Seilzugisokinetik.

Im Rahmen der Leistungsdiagnostik während der Rehabilitation wären weiterführende Studien anzustreben, die orthopädische Patienten mit kardiologischen Begleiterkrankungen untersuchen, mit der Betrachtung auf die unmittelbaren Effekte und Auswirkungen auf die kardiopulmonalen Parameter.

8 Literaturverzeichnis

- Ambacher T, Wittner B, Holz U. (2000). Therapiekonzept nach traumatischer Schulterluxation. *Trauma und Berufskrankheit*, 2(4), 263-269.
- Antonio GE, Griffith JF, Yu AB, Yung PS, Chan KM, Ahuja AT. (2007). First-time shoulder dislocation: High prevalence of labral injury and age-related differences revealed by MR arthrography. *J Magn Reson Imaging*, 26(4), 983-991.
- Appell HJ. (1986). Morphology of immobilized skeletal muscle and the effects of a pre- and postimmobilization training program. *Int J Sports Med*, 7(1), 6-12.
- Aronen JG, Regan K. (1984). Decreasing the incidence of recurrence of first time anterior shoulder dislocations with rehabilitation. *Am J Sports Med*, 12(4), 283-291.
- Baker CL, Liu SH. (1995). Comparison of open and arthroscopically assisted rotator cuff repairs. *Am J Sports Med*, 23(1), 99-104.
- Bankart ASB. (1939). The pathology and treatment of recurrent dislocation of the shoulder-joint. *Brit J Surg*, 26, 23-29.
- Banzer W, Bürklein M. (2004). Schmerzmessung. In W Banzer, K Pfeifer und L Vogt (Hrsg.). *Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin*. Berlin-Heidelberg: Springer, 209-237
- Bateman JE. (1963). The diagnosis and treatment of ruptures of the rotator cuff. *Surg Clin N Amer*, 43, 1523-1530.
- Bengtsson M, Lunsjö K, Hermodsson Y, Nordqvist A, Abu-Zidan FM. (2006). High patient satisfaction after arthroscopic subacromial decompression for shoulder impingement: a prospective study of 50 patients. *Acta Orthop*, 77(1), 138-142.
- Bigliani LU, Ticker JB, Flatow EL, Soslowsky LJ, Mow VC. (1991). Relationship of acromial architecture and diseases of the rotator cuff. *Orthopade*, 20(5), 302-309.
- Bigoni M, Gorla M, Guerrasio S, Brignoli A, Cossio A, Grillo P, Marinoni EC. (2009). Shoulder evaluation with isokinetic strength testing after arthroscopic rotator cuff repairs. *J Shoulder Elbow Surg*, 18(2), 178-183.
- Bjarnason-Wehrens B, Mayer-Berger W, Meister ER, Baum K, Hambrecht R, Gielen S. (2004). Einsatz von Kraftausdauertraining und Muskelaufbautraining in der kardiologischen Rehabilitation. *Z Kardiologie*, 93(5), 357-370
- Blackburn TA, Guido JA. (2000). Rehabilitation after Ligamentous and Labral Surgery of the Shoulder: Guiding Concepts. *J Athl Train*, 35(3), 373-381.

- Böhm TD, Kirschner S, Köhler M, Wollmerstedt N, Walther M, Matzer M, Faller H, König A. (2005). The German Short Musculoskeletal Function Assessment questionnaire. Reliability, validity, responsiveness, and comparison with the Short Form 36 and Constant score-a prospective evaluation of patients undergoing repair for rotator cuff tear. *Rheumatol Int*, 25(2), 86-93.
- Boissonnault WG, Badke MB, Wooden MJ, Ekedahl S, Fly K. (2007). Patient outcome following rehabilitation for rotator cuff repair surgery: the impact of selected medical comorbidities. *J Orthop Sports Phys Ther*, 37(6), 312-319.
- Bonsell S, Pearsall AW, 4th, Heitman RJ, Helms CA, Major NM, Speer KP. (2000). The relationship of age, gender, and degenerative changes observed on radiographs of the shoulder in asymptomatic individuals. *J Bone Joint Surg Br*, 82(8), 1135-1139.
- Booth FW. (1987). Physiologic and biochemical effects of immobilization on muscle. *Clin Orthop Relat Res*, (219), 15-20.
- Bortz J, Lienert GA. (2003). *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung. Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben*. (2. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bottoni CR, Smith EL, Berkowitz MJ, Towle RB, Moore JH. (2006). Arthroscopic versus open shoulder stabilization for recurrent anterior instability: a prospective randomized clinical trial. *Am J Sports Med*, 34(11), 1730-1737.
- Braumann KM, Tegtbur U, Busse MW, Maassen N. (1991). Die "Lakatsenke" - Eine Methode zur Ermittlung der individuellen Dauerleistungsgrenze. *Dtsch Z Sportmed*, 41(6), 240-246.
- Breuer HWM. (2004). Spiroergometrie - Vorschläge zur Standardisierung und Interpretation. *Pneumologie*, 58, 553-565.
- Brunner UH. (2002). Klinische Untersuchung der Schulter. In P Habermeyer und JD Agneskirchner (Hrsg.). *Schulterchirurgie*. (3. Aufl.) München: Urban & Fischer, 45-69.
- Buchbauer J, Buck R. (2001). Theorie des Rollenzugapparates. *Krankengymnastik*, 53(5), 824-827.
- Buchbauer J, Kling M. (2008). *Effektives Training an Seilzuggeräten*. (1. Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Bullinger M. (1996). Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit dem SF-36 Health Survey. *Rehabilitation*, 35, XVII-XXX.
- Bullinger M. (2003). SF-36 Health Survey in Rehabilitation Research. Findings from the North German Network for Rehabilitation Research, NVRF, within the Rehabilitation Research Funding Programme. *Die Rehabilitation*, 42(4), 218-225.
- Bullinger M, Kirchberger I. (1998). *SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand*. Göttingen-Bern-Toronto-Seattle: Hogrefe.

- Chan KM, Korkia P. (1996). *Principles and practice of isokinetics in sports medicine and rehabilitation*. Hong Kong: Williams & Wilkins Asia-Pacific Ltd.
- Colado J, Garcia-Masso X, Pellicer M, Alakhdar Y, Benavent J, Cabeza-Ruiz R. (2010). A comparison of elastic tubing and isotonic resistance exercises. *Int J Sports Med*, 31(11), 810-817.
- Constant CR. (1991). Schulterfunktionsbeurteilung. *Der Orthopäde*, 20(5), 289-294.
- Cooper B, Storer W. (2001). *Exercise testing and interpretation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Christodoulos AD, Volaklis KA, Tokmakidis SP. (2003). Neue Aspekte des Krafttrainings in der kardialen Rehabilitation. *J Kardiol*, 10(5), 207-213.
- Dauty M, Dominique H, Hélène A, Charles D. (2007). Evolution of the isokinetic torque of shoulder rotators before and after 3 months of shoulder stabilization by the Latarjet technique. *Ann Readapt Med Phys*, 50(4), 201-208.
- Davies GJ. (ed.) (1992). *A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques*. Onalaska/Wisconsin: S&S Publishers.
- Demirors H, Circi E, Akgun RC, Tarhan NC, Cetin N, Akpinar S, Tuncay IC. (2010). Correlations of isokinetic measurements with tendon healing following open repair of rotator cuff tears. *Int Orthop*, 34(4), 531-536.
- Dieckstall P, Schulze W, Noack W. (1995). Der Immobilisationsschaden. *Sportverletz Sportschaden* 9, 35-43.
- Diemer F, Sutor V. (2007). *Praxis der medizinischen Trainingstherapie*. Stuttgart- New York: Thieme.
- Diemer F, Sutor, V. (2010). *Halswirbelsäule und obere Extremität*. Stuttgart- New York: Thieme.
- Duncan GE, Howley ET, Johnson BN. (1997). Applicability of VO₂max criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Med Sci Sports Exerc*, 29(2), 273-278.
- Düzgün I, Baltacı G, Atay OA. (2011). Comparison of slow and accelerated rehabilitation protocol after arthroscopic rotator cuff repair: pain and functional activity. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 45(1), 23-33.
- Edouard P, Samozino P, Julia M, Gleizes-Cervera S, Vanbiervliet W, Calmels P, Gremeaux V. (2011). Reliability of *isokinetic* assessment of *shoulder*-rotator strength: a systematic review of the effect of position. *J Sport Rehabil*. 20(3), 367-383.
- Ehrhardt D. (2012). *Praxishandbuch funktionelles Training*. Stuttgart- New York: Thieme
- Ehrich D, Gebel R. (2000). *Therapie und Aufbaustraining nach Sportverletzungen*. Münster: Philippka

- Ellenbecker TS, Mattalino AJ. (1999). Glenohumeral joint range of motion and rotator cuff strength following arthroscopic anterior stabilization with thermal capsulorrhaphy. *J Orthop Sports Phys Ther*, 29(3), 160-167.
- Ellenbecker TS, Elmore E, Bailie DS. (2006). Descriptive report of shoulder range of motion and rotational strength 6 and 12 weeks following rotator cuff repair using a mini-open deltoid splitting technique. *J Orthop Sports Phys Ther*, 36(5), 326-335.
- Ellman H, Gartsman GM. (1993). *Arthroscopic shoulder surgery and related procedures*, pp. 8-99. Philadelphia: Lea und Febiger.
- Esser SKT. (2004). *Funktionelle und subjektive Ergebnisse von Patienten mit Rezidivluxationen des Schultergelenkes nach operativer Stabilisierung*. Münster: Westfälische Wilhelms-Universität, Diss.
- Felder H, Deubel G, Merkel M. (1998). *Ambulante Rehabilitation. Physiotherapie, physikalische Therapie, medizinische Trainingstherapie*. Stuttgart: Thieme.
- Franz IW. (2003). Blutdruckverhalten während Ergometrie. *Dtsch Z Sportmed* 54(2), 55-56.
- Froböse I. (1999). *Isokinetisches Training in Sport und Therapie*. (3. Aufl.) Sankt Augustin: Academia
- Froböse I, Fiehn R. (1998). Muskeltraining in der Therapie. In I. Froböse und G. Nellesen (Hrsg.). *Training in der Therapie. Grundlagen und Praxis*, Wiesbaden: Ullstein Medical, 35-50.
- Gartsman GM, Brinker MR, Khan M, Karahan M. (1998). Self-assessment of general health status in patients with five common shoulder conditions. *J Shoulder Elbow Surg*, 7(3), 228-237.
- Geiger EV. (2005). Mittelfristige Ergebnisse nach subakromialer Dekompression - Ein Vergleich klinischer, sonographischer und radiologischer Befunde. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 143, 140-142.
- Gerber C. (1997). Observations on the classification of instability. In JJP Warner, JP Iannotti und C Gerber (Hrsg.). *Complex and revision problems in shoulder surgery*, Philadelphia: Lippincott-Raven, 9-18.
- Germann G, Harth A, Wind G, Demir E. (2003). Standardisierung und Validierung der deutschen Version 2.0 des "Disability of Arm, Shoulder, Hand" (DASH)-Fragebogens zur Outcome- Messung an der oberen Extremität. *Der Unfallchirurg*, 106(1), 13-19.
- Germann G, Wind G, Harth A. (1999). Der DASH-Fragebogen - Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. The DASH Questionnaire. *Handchir Mikrochir plast Chir*, 31(3), 149-152.

- Gibbons RJ, Balady GJ, Beasley JW, Bricker JT, Duvernoy WF, Froelicher VF, Mark DB, Marwick TH, McCallister BD, Thompson PD, Winters WL [JR.], Yanowitz FG. (1997). ACC/AHA Guidelines for Exercise Testing. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Exercise Testing). *J Am Coll Cardiol*, 30(1), 260-315.
- Gill TJ, Micheli LJ, Gebhard F, Binder C. (1997). Bankart repair for anterior instability of the shoulder. Long-term outcome. *J Bone Joint Surg Am*, 79(6), 850-857.
- Habermeyer P. (1989). *Isokinetische Kräfte am Glenohumeralgelenk*. (Hefte zur Unfallheilkunde 202) Berlin: Springer
- Habermeyer P, Lehmann L. (2002). Rotatorenmanschette, Rotatorenintervall und lange Bizepssehne. In P Habermeyer und JD Agneskirchner (Hrsg.). *Schulterchirurgie*. (3. Aufl.) München: Urban & Fischer, 333-374.
- Harryman DT, 2nd, Sidles JA, Clark JM, McQuade KJ, Gibb TD, Matsen FA, 3rd, (1990). Translation of the humeral head on the glenoid with passive glenohumeral motion. *J Bone Joint Surg Am*, 72(9), 1334-1343.
- Hatrup SJ. (1995). Rotator cuff repair: relevance of patient age. *J Shoulder Elbow Surg*, 4(2), 95-100.
- Hauser-Bischof C. (2003). *Schulterrehabilitation in der Orthopädie und Traumatologie*. Stuttgart-New York: Thieme.
- Heisel J. (2005). *Physikalische Medizin*. Stuttgart: Thieme.
- Hiemstra LA, Sasyniuk TM, Mohtadi NG, Fick GH. (2008). Shoulder strength after open versus arthroscopic stabilization. *Am J Sports Med*, 36(5), 861-867.
- Hoffmann U, Orthmann P. (2009). *Schnellkurs Statistik mit Hinweisen zur SPSS-Benutzung*. (6.Aufl.) Köln: Sportverlag Strauss
- Hollmann W, Strüder HK, Diehl J. (2009). *Sportmedizin. Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin*. (5.Aufl.) Stuttgart: Schattauer.
- Hollmann W, Strüder HK, Predel HG, Tagarakis CVM. (2006). *Spiroergometrie. Kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken*. Stuttgart: Schattauer.
- Horstmann T, Venter C. (2004). Isokinetik. In W Banzer, K Pfeifer und L Vogt (Hrsg.). *Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin*. Berlin- Heidelberg: Springer, 107-120
- Hovellius L. (1982). Incidence of shoulder dislocation in Sweden. *Clin Orthop Relat Res* (166), 127-131.
- Hovellius L, Augustini BG, Fredin H, Johansson O, Norlin R, Thorling J. (1996). Primary anterior dislocation of the shoulder in young patients. A ten-year prospective study. *J Bone Joint Surg Am*, 78(11), 1677-1684.

- Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. (1996). Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med*, 29(6), 602-608.
- Imhoff AB, Beitzel K, Stamer K, Klein E. (2010). *Rehabilitation in der orthopädischen Chirurgie*. Berlin: Springer.
- Imhoff AB, Ledermann T. (1996). Definition, pathologische Befunde und Pathogenese. In J Eulert (Hrsg.). *Das Impingement-Syndrom der Schulter*. Stuttgart-New York: Thieme, 1-13.
- Jester A, Harth A, Germann G. (2005a). Measuring levels of upper-extremity disability in employed adults using the DASH Questionnaire. *J Hand Surg Am*, 30(5), 1074.e1-1074.e10.
- Jester A, Harth A, Wind G, Germann G, Sauerbier M. (2005b). Ersetzt der Disability of Arm, Shoulder and Hand Questionnaire (DASH-Fragebogen) die Erfassung von Bewegungsausmaß und Kraft bei der Bewertung von Ergebnissen? *Handchir Mikrochir plast Chir*, 37(2), 126-130
- Jung D, Grambauer A. (2002). Rehabilitation der Schulter. In P Habermeyer und JD Agneskirchner (Hrsg.). *Schulterchirurgie*. (3. Aufl.) München: Urban & Fischer, 611-636.
- Kang L, Henn RF, Tashjian RZ, Green A. (2007). Early outcome of arthroscopic rotator cuff repair: a matched comparison with mini-open rotator cuff repair. *Arthroscopy*, 23(6), 573-582, 582.e1-2.
- Kapandji IA. (2006). *Funktionelle Anatomie der Gelenke*. (4. Aufl.) Stuttgart: Thieme.
- Kilian O, Balser G, Heiss C, Pavlidis T, Schnettler R. (2008). Subjektives und klinisches Outcome nach Rekonstruktion der Rotatorenmanschette im höheren Lebensalter. *Z Orthop Unfall*, 146(04), 471-477.
- Kim SH, Ha KI, Jung MW, Lim MS, Kim YM, Park JH. (2003). Accelerated rehabilitation after arthroscopic Bankart repair for selected cases: a prospective randomized clinical study. *Arthroscopy*, 19(7), 722-731.
- Kindermann W. (2004). Anaerobe Schwelle. *Dtsch Z Sportmed*, 55(6), 161-162.
- Kindermann W. (2007). Physiologische Anpassungen des Herz-Kreislauf-Systems an körperliche Belastung. In W Kindermann, HH Dickhuth, A Niess, K Röcker und A Urhausen (Hrsg.). *Sportkardiologie*. (2.Aufl.) Darmstadt: Steinkopff, 1-20.
- Kirschenbaum D, Coyle MP, Jr, Leddy JP, Katsaros P, Tan F, Jr, Cody RP. (1993). Shoulder strength with rotator cuff tears. Pre- and postoperative analysis. *Clin Orthop Relat Res*, (288), 174-178.
- Klein W, Dann P, Hillen R, Jensen KU. (1992). Die endoskopische subakromiale Dekompression- Indikation, Technik, Nachuntersuchungsergebnisse. In D Kohn und CJ Wirth (Hrsg.). *Die Schulter. Aktuelle operative Therapie*. Stuttgart: Thieme.

- Kroidl RF, Schwarz S, Lehnigk B. (2007). *Kursbuch Spiroergometrie*. Stuttgart: Thieme.
- Largacha M, Parsons IM, 4th, Campbell B, Titelman RM, Smith KL, Matsen F, 3rd. (2006). Deficits in shoulder function and general health associated with sixteen common shoulder diagnoses: a study of 2674 patients. *J Shoulder Elbow Surg*, 15(1), 30-39.
- Lazarus MD, Sidles JA, Harryman DT, 2nd, Matsen FA, 3rd. (1996). Effect of a chondral-labral defect on glenoid concavity and glenohumeral stability. A cadaveric model. *J Bone Joint Surg Am*, 78(1), 94-102.
- Leroux JL, Codine P, Thomas E, Pocholle M, Mailhe D, Blotman F. (1994). Isokinetic evaluation of rotational strength in normal shoulders and shoulders with impingement syndrome. *Clin Orthop Relat Res*, (304), 108-115.
- Leroux JL, Hebert P, Mouilleron P, Thomas E, Bonnel F, Blotman F. (1995). Postoperative shoulder rotators strength in stages II and III impingement syndrome. *Clin Orthop Relat Res*, (320), 46-54.
- Lichtenberg S, Habermeyer, P. (2002). Operative Arthroskopie des Subacromialraums. Arthroskopische subacromiale Dekompression (ASD). In P Habermeyer und JD Agneskirchner (Hrsg.). *Schulterchirurgie*. (3.Aufl.) München: Urban & Fischer, 215-220.
- Listringhaus R, Heikenfeld R, Godolias G. (2007). Isokinetische Kraftmessung nach arthroskopischer Rotatorenmanschettenrekonstruktion - Ergebnisse nach 24 Monaten. In UH Brunner. *Spezialgebiete aus der Schulter- und Ellenbogenchirurgie* 2. Darmstadt: Steinkopff, 138-141.
- Löhr JF, Uthoff HK. (2007). Epidemiology and pathophysiology of rotator cuff tears *Orthopäde* 36(9), 788-795.
- Löllgen H. (1990). *Kardiopulmonale Funktionsdiagnostik*. (2. Aufl.) Wehr: Ciba-Geigy.
- Löllgen H, Winter, UJ. (1997). Durchführung der Ergometrie: Indikationen, Kontraindikationen und Abbruchkriterien. In H Löllgen, UJ Winter und E Erdmann (Hrsg.). *Ergometrie*. Berlin: Springer, 83-87.
- Löllgen H, Winter UJ, Fritsch J. (1997). Begutachtung und Ergometrie. In H Löllgen, UJ Winter und E Erdmann (Hrsg.). *Ergometrie*. Berlin: Springer, 336-342.
- Löllgen H, Winter UJ, Erdmann E. (1997). Anhang B: Ergänzende Referenzwerte. In H Löllgen, UJ Winter und E Erdmann (Hrsg.). *Ergometrie*. Berlin: Springer, 385-404.
- Lüring C, Diedrich O, Köck F, Grifka J, Tingart M. (2007). Aktuelle operative Therapiestrategien der Rotatorenmanschettenruptur an deutschen Kliniken. *Der Orthopäde* 36(9), 810-816.
- Lützner J, Krummenauer F, Lübke J, Kirschner S, Günther KP, Bottesi M. (2009). Functional outcome after open and arthroscopic Bankart repair for traumatic shoulder instability. *Eur J Med Res*, 14(1), 18-24.

- Matsen, FA, Thomas SC, Rockwood CA. (1990). Glenohumeral instability. In CA Rockwood und FA Matsen (Hrsg.). *The shoulder*. Philadelphia: W. B. Saunders, 526-622.
- Mayer F, Horstmann T, Röcker K, Heitkamp HC, Dickhuth HH. (1994). Normal Values of Isokinetic Maximum Strength, the Strength/ Velocity Curve, and the Angle at Peak Torque of All Degrees of Freedom in the Shoulder. *Int J Sports Med*, 15(1) 19-25
- McDermott DM, Neumann L, Frostick SP, Wallace WA. (1999). Early results of Bankart repair with a patient-controlled rehabilitation program. *J Shoulder Elbow Surg*, 8(2), 146-150.
- McKee MD, Yoo DJ. (2000). The effect of surgery for rotator cuff disease on general health status. Results of a prospective trial. *J Bone Joint Surg Am*, 82-A(7), 970-979.
- Meller R, Krettek C, Gössling T, Wähling K, Jagodzinski M, Zeichen J. (2007). Recurrent shoulder instability among athletes: changes in quality of life, sports activity, and muscle function following open repair. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 15(3), 295-304.
- Meyer T. (2007). Belastungsuntersuchungen: Praktische Durchführung und Interpretation. In W Kindermann, HH Dickhuth, A Niess, K Röcker und A Urhausen (Hrsg.). *Sportkardiologie*. (2.Aufl.). Darmstadt: Steinkopff, 39-66.
- Milgrom C, Schaffler M, Gilbert S, van Holsbeeck M. (1995). Rotator-cuff changes in asymptomatic adults. The effect of age, hand dominance and gender. *J Bone Joint Surg Br*, 77(2), 296-298.
- Neer CS, 2nd. (1972). Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am*, 54(1), 41-50.
- Neer CS, 2nd. (1983). Impingement lesions. *Clin Orthop Relat Res*, (173), 70-77.
- Neer CS, 2nd. (1990). *Shoulder reconstruction*. Philadelphia: W. B. Saunders.
- Neer CS, 2nd, Poppen NK. (1987). The supraspinatus outlet. *Orthop Trans*, (11) 234.
- Offenbaecher M, Ewert T, Sangha O, Stucki G. (2003). Validierung einer deutschen Version des 'Disabilities of Arm, Shoulder and Hand' Fragebogens (DASH-G). *Zeitschrift fuer Rheumatologie*, 62(2), 168-177.
- Ogata S, Uhthoff HK. (1990). Acromial enthesopathy and rotator cuff tear. A radiologic and histologic postmortem investigation of the coracoacromial arch. *Clin Orthop Relat Res*, (254), 39-48.
- Ozaki J, Fujimoto S, Nakagawa Y, Masuhara K, Tamai S. (1988). Tears of the rotator cuff of the shoulder associated with pathological changes in the acromion. A study in cadavera. *J Bone Joint Surg Am*, 70(8), 1224-1230.

- Patel VR, Singh D, Calvert PT, Bayley JJ. (1999). Arthroscopic subacromial decompression: results and factors affecting outcome. *J Shoulder Elbow Surg*, 8(3), 231-237.
- Patte D. (1990). Classification of rotator cuff lesions. *Clin Orthop Relat Res*, (254), 81-86.
- Pothoff G, Winter UJ, Waßerman K, Jäkel D, Steinbach M. (1984). Ergospirometrische Normalkollektivuntersuchungen für ein Unsteady-state-Stufenprogramm. *Z Kardiologie*, 83, 116-123.
- Rehberger T. (2012). Sportrehabilitation. In P Magosch, WD Scheiderer, P Habermayer und S Lichtenberg (Hrsg.). *Konservative Therapie und Rehabilitation von Schultererkrankungen*. München: Urban & Fischer, 275-294.
- Rhee YG, Lim CT, Cho NS. (2007). Muscle strength after anterior shoulder stabilization: arthroscopic versus open Bankart repair. *Am J Sports Med*, 35(11), 1859-1864.
- Rief A. (2012). Physiotherapie. In P Magosch, WD Scheiderer, P Habermayer und S Lichtenberg (Hrsg.). *Konservative Therapie und Rehabilitation von Schultererkrankungen*. München: Urban & Fischer, 187-273.
- Rodosky MW, Harner CD, Fu FH. (1994). The role of the long head of the biceps muscle and superior glenoid labrum in anterior stability of the shoulder. *Am J Sports Med*, 22(1), 121-130.
- Rohland U. (2000). *Statistik- Erläuterung grundlegender Begriffe und Verfahren*. Aachen: Shaker
- Rokito AS, Cuomo F, Gallagher MA, Zuckerman JD. (1999). Long-term functional outcome of repair of large and massive chronic tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am*, 81(7), 991-997.
- Rokito AS, Zuckerman JD, Gallagher MA, Cuomo F. (1996). Strength after surgical repair of the rotator cuff. *J Shoulder Elbow Surg*, 5(1), 12-17.
- Rost R, Hollmann W. (1982). Belastungsuntersuchungen in der Praxis. Grundlagen, Technik und Interpretation ergometrischer Untersuchungsverfahren. Stuttgart: Thieme.
- Rowe CR. (1980). Acute and recurrent anterior dislocations of the shoulder. *Orthop Clin North Am*, 11(2), 253-270.
- Rowe CR, Patel D, Southmayd WW. (1978). The Bankart procedure: a long-term end-result study. *J Bone Joint Surg Am*, 60(1), 1-16.
- Scheiderer WD, Magosch P. (2012). Schmerztherapie. In P Magosch, WD Scheiderer, P Habermayer und S Lichtenberg (Hrsg.). *Konservative Therapie und Rehabilitation von Schultererkrankungen*. München: Urban & Fischer, 73-90.
- Schenk TJ, Brems JJ. (1998). Multidirectional instability of the shoulder: pathophysiology, diagnosis, and management. *J Am Acad Orthop Surg* 6(1), 65-72.

- Schmidt-Wiethoff R, Schneider T. (2003). Sportlerschulter - Differenzialdiagnose und funktionelle Therapie. In J Jerosch, J Heisel und AB Imhoff (Hrsg.). *Fortbildung Orthopädie Traumatologie. Schulter*. Darmstadt: Steinkopff, 3-15.
- Schnabel G. (1994). Sportliche Leistung, Leistungsfähigkeit- Wesen und Struktur. In G Schnabel, D Harre und A Borde (Hrsg.). *Trainingswissenschaft. Leistung - Training-Wettkampf*. (1. Aufl.) Berlin: Sportverl., 35-60.
- Schönle C. (2004): Allgemeine Hinweise zur Rehabilitation. Einleitung. In C Schönle (Hrsg.). *Rehabilitation*. Stuttgart: Thieme, 3-9.
- Schönle C, Rödiger S. (2004). Einzelne Therapieformen. Muskelaufbautraining. In C Schönle (Hrsg.). *Rehabilitation*. Stuttgart: Thieme, 105-137.
- Schulte-Frei B. (1998). Trainingstherapie bei Verletzungen/ Erkrankungen der Schulter und des Oberarmes. In I Froböse und G Nellessen (Hrsg.). *Training in der Therapie*. Wiesbaden: Ullstein Medical, 381-417.
- Seiffert A, Seiffert KR, Völker K, Halhuber C. (1990). Kraftausdauertraining in der kardialen Rehabilitation. *Dtsch Z Sportmed*, 41(3), 84-92.
- Siegele J. (2005). *Seilzugübungen*. (2. Aufl.) Stuttgart-New York: Thieme.
- Skutek M, Zeichen J, Fremerey RW, Bosch U. (2001). Outcomeanalyse nach offener Rekonstruktion von Rotatorenmanschettenrupturen. Eine vergleichende Beurteilung neuer Bewertungsverfahren. *Unfallchirurg*, 104(6), 480-487.
- Snyder SJ. (1993). Evaluation and treatment of the rotator cuff. *Orthop Clin North Am*, 24(1), 173-192.
- Spring H, Egger K. (1997). *Theorie und Praxis der Trainingstherapie*. Stuttgart: Thieme.
- Sugimoto D, Blanpied P. (2006). Flexible foil exercise and shoulder internal and external rotation strength. *J Athl Train*, 41(3), 280-285.
- Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 37(1), 153-156.
- Tashjian RZ, Bradley MP, Tocci S, Rey J, Henn RF, Green A. (2007). Factors influencing patient satisfaction after rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg*, 16(6), 752-758.
- Tegtbur U, Busse MW, Kubis HP. (2009). Körperliches Training und zelluläre Anpassung des Muskels. *Unfallchirurg*, 112, 365-372.
- Thomas M, Grünert J, Standtke S, Busse MW. (2001a): Seilzugisokinetik in der Schulterrehabilitation- erste Ergebnisse. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 139(1), 80-86.
- Thomas M, Lischka C, Busse M. (2001b). Aspekte der gerätegestützten Rehabilitation nach Schulteroperationen. *KCS*, 2(4), 79-84.

- Thomas M, Müller T, Busse MW. (2005). Quantification of tension in Thera-Band and Cando tubing at different strains and starting lengths. *J Sports Med Phys Fitness*, 45 (2), 188-198.
- Uthoff HK, Löhr J, Hammond I, Sarkar K. (1986). Ätiologie und Pathogenese der Rupturen der Rotatorenmanschette. *Hefte zur Unfallheilkunde* (180), 3-9.
- van Linthoudt D, Deforge J, Malterre L, Huber H. (2003). Rotator cuff repair. Long-term results. *Joint Bone Spine* 70(4), 271-275.
- Walker SW, Couch WH, Boester GA, Sprowl DW. (1987). Isokinetic strength of the shoulder after repair of a torn rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am*, 69(7), 1041-1044.
- Walmsley RP, Hartsell HD. (1992). Shoulder strength following surgical rotator cuff repair: a comparative analysis using isokinetic testing. *J Orthop Sports Phys Ther*, 15(5), 215-222.
- Weiss S, Ettrich O, Kasten P, Loew M. (2004). Die Entwicklung von Kraft und Beweglichkeit nach offener Bankart- Operation bei rezidivierender Schulterluxation. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 142(5), 592-597.
- Westphal T. (2007). Reliability and responsiveness of the German version of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand questionnaire (DASH). Reliabilität und Veränderungssensitivität der deutschen Version des Fragebogens Arm, Schulter und Hand (DASH). *Der Unfallchirurg*, 110 (6), 548-552.
- Wiedemann E. (2002a). Offene Stabilisierungsverfahren bei Instabilität. Behandlung der vorderen Instabilität. In P Habermeyer und JD Agneskirchner (Hrsg.). *Schulterchirurgie*. (3. Aufl.) München: Urban & Fischer, 378-379.
- Wiedemann E. (2002b). Pathologie und Pathomechanik der Schulter. Schulterinstabilität. In P Habermeyer und JD Agneskirchner (Hrsg.). *Schulterchirurgie*. (3. Aufl.) München: Urban & Fischer, 22-33.
- Wiedemann E, Löhr JF. (2002). Pathologie und Pathomechanik der Schulter. Impingement und Rotatorenmanschettenruptur. In P Habermeyer und JD Agneskirchner (Hrsg.). *Schulterchirurgie*. (3. Aufl.) München: Urban & Fischer, 33-44.
- Winter UJ, Löllgen H. (1997a). Ergospirometrie. In H Löllgen, UJ Winter und E Erdmann (Hrsg.). *Ergometrie*. Berlin: Springer, 172-183.
- Winter UJ, Löllgen H. (1997b). Kardiovaskuläre Funktion bei Belastung. In H Löllgen, UJ Winter und E Erdmann (Hrsg.). *Ergometrie*. Berlin: Springer, 8-23.
- Wonisch M, Berent R, Klicpera M, Laimer H, Marko C, Pokan R, Schmid P, Schwann H. (2008). Praxisleitlinien Ergometrie. *J Kardiologie*, (15), 3-17.
- Wonisch M, Fruhwald FM, Hofmann P, Hödl R, Klein W, Kraxner W, Maier R, Pokan R, Scherr D, Watzinger N. (2003a). Spiroergometrie in der Kardiologie - Klinische Anwendungsmöglichkeiten. *J Kardiologie*, 10(10), 440-446.

- Wonisch M, Hofmann P, Pokan R, Kraxner W, Hödl R, Maier R, Watzinger N, Smekal G, Klein W, Fruhwald FM. (2003b). Spiroergometrie in der Kardiologie - Grundlagen der Physiologie und Terminologie. *J Kardiol*, 10, 383-390.
- Wonisch M, Hofmann P, Pokan R, Eder B. (2009). Krafttraining bei Patienten mit kardiologischen Erkrankungen. *J Kardiol*, 16(9-10), 337-340
- Yen D. (2005). Limitations of isokinetic testing to determine shoulder strength after rotator cuff repair. *Iowa Orthop J*, 25, 141-144.
- Ziegert I, Ziegert A, Irlenbusch U. (2008). 4-Jahres-Ergebnisse nach Behandlung der vorderen Schulterinstabilität mittels der Kapsel-Labrum-Plastik nach Warren. *Obere Extremität*, 3(1), 9-17.
- Zimmermann K. (2000). *Gesundheitsorientiertes Muskelkrafttraining*. (2. Aufl.) Schorndorf: Hofmann.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Seilzugisokinetik „Moflex®“	50
Abb. 2a	Übung Adduktion – Ausgangsposition	50
Abb. 2b	Übung Adduktion – Endposition	50
Abb. 3a	Übung Innenrotation – Ausgangsposition	51
Abb. 3b	Übung Innenrotation – Endposition	51
Abb. 4a	Übung Außenrotation – Ausgangsposition	51
Abb. 4b	Übung Außenrotation – Endposition	51
Abb. 5	Untersuchungsprogramm des Doppelstufentests	61
Abb. 6	Proband mit dem Spirometriegerät „K4b ² “ an dem Handkurbelergometer	64
Abb. 7	Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der männlichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	67
Abb. 8	Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der weiblichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	68
Abb. 9	Referenzwerte der isokinetischen Kraft der Männer mit ventraler Stabilisierung (n=20). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung.	76
Abb. 10	Referenzwerte der isokinetischen Kraft der Frauen mit ventraler Stabilisierung (n=10). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung.	77
Abb. 11	Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn bei den männlichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	81

- Abb. 12 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den männlichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau. 82
- Abb. 13 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den männlichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau. 82
- Abb. 14 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn bei den weiblichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau. 83
- Abb. 15 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den weiblichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau. 84
- Abb. 16 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den weiblichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau. 84
- Abb. 17 Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den männlichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 85
- Abb. 18 Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den weiblichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=5). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 86
- Abb. 19 Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den männlichen Patienten mit vorderer Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 87
- Abb. 20 Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den weiblichen Patienten mit vorderer Schulterstabilisierung (n=10). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 88

Abb. 21	Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der männlichen Patienten mit arthroskopisch subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	89
Abb. 22	Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der weiblichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	90
Abb. 23	Referenzwerte der isokinetischen Kraft der Männer mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung.	97
Abb. 24	Referenzwerte der isokinetischen Kraft der Frauen mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung.	98
Abb. 25	Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und der operierten Seite zu Reha-Beginn bei den männlichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	102
Abb. 26	Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den männlichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	103
Abb. 27	Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den männlichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	103
Abb. 28	Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn bei den weiblichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	104

- Abb. 29 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den weiblichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau. 105
- Abb. 30 Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den weiblichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau. 105
- Abb. 31 Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den männlichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 107
- Abb. 32 Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den weiblichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 107
- Abb. 33 Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den männlichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 108
- Abb. 34 Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den weiblichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 109
- Abb. 35 Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der männlichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau. 111
- Abb. 36 Mittlere isokinetische Kraft in N (konzentrisch und exzentrisch) der operierten Seite für die Adduktion, Innen- und Außenrotation und Schmerzbewertung im Verlauf der Rehabilitation der weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau. 112
- Abb. 37 Referenzwerte der isokinetischen Kraft der Männer mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung. 120

Abb. 38	Referenzwerte der isokinetischen Kraft der Frauen mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe der Regressionsgeraden, Standardabweichung und Regressionsgleichung.	121
Abb. 39	Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn bei den männlichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	126
Abb. 40	Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den männlichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	127
Abb. 41	Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss der männlichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	127
Abb. 42	Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn bei den weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	128
Abb. 43	Vergleich der aktiven Beweglichkeit der gesunden Seite zu Reha-Beginn und der operierten Seite zum Reha-Abschluss bei den weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	129
Abb. 44	Vergleich der aktiven Beweglichkeit der operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). AV-Anteversion, RV-Retroversion, ABD-Abduktion, ADD-Adduktion, IRO-Innenrotation, ARO-Außenrotation. Angabe von Mittelwert, Standardfehler und Signifikanzniveau.	129
Abb. 45	Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den männlichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	130
Abb. 46	Vergleich des DASH-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss bei den weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	131

Abb. 47	Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den männlichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	132
Abb. 48	Vergleich des SF-36-Health-Survey-Fragebogens zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss in Bezug zur Normpopulation bei den weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	133
Abb. 49	Maximalleistung während der Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	140
Abb. 50	Maximale Herzfrequenzwerte während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	140
Abb. 51	Herzfrequenzverhalten während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss.	141
Abb. 52	Maximale Blutdruckwerte während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung.	142
Abb. 53	Maximale Sauerstoffaufnahmewerte während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	142
Abb. 54	Relative maximale Sauerstoffaufnahmewerte während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	143
Abb. 55	Leistung zum Zeitpunkt der ventilatorischen Schwelle in Watt zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	144
Abb. 56	Laktatverhalten während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss.	145
Abb. 57	Laktatsenke während des Doppelstufentests zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss.	145
Abb. 58	Vergleich der isokinetischen Kraftwerte (konzentrisch + exzentrisch) der operierten und gesunden Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/v-Außenrotation verletzt, Iro/v-Innenrotation verletzt, Add/v-Adduktion verletzt. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	150

Abb. 59a	Isokinetische Kraft der Außenrotation für die gesunde und operierte Seite zu Reha-Beginn. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	151
Abb. 59b	Isokinetische Kraft der Außenrotation für die gesunde und operierte Seite zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	151
Abb. 60a	Isokinetische Kraft der Innenrotation für die gesunde und operierte Seite zu Reha-Beginn. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	152
Abb. 60b	Isokinetische Kraft der Innenrotation für die gesunde und operierte Seite zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	152
Abb. 61a	Isokinetische Kraft der Adduktion für die gesunde und operierte Seite zu Reha-Beginn. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	153
Abb. 61b	Isokinetische Kraft der Adduktion für die gesunde und operierte Seite zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	153
Abb. 62	Gewichtsbelastung am Doppelseilzug zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	155
Abb. 63	Sauerstoffaufnahmewerte am Doppelseilzug zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	155
Abb. 64	Leistung am Handkurbelergometer zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	156
Abb. 65	Sauerstoffaufnahmewerte am Handkurbelergometer zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	156
Abb. 66	Leistung am Fahrradergometer zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	157
Abb. 67	Sauerstoffaufnahmewerte am Fahrradergometer zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	157
Abb. 68	Sauerstoffaufnahmewerte während der Krankengymnastik zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau.	158

- Abb. 69 Sauerstoffaufnahmewerte bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. R-Ruhe, KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 161
- Abb. 70 Sauerstoffaufnahme in Prozent der maximalen Sauerstoffaufnahme bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss. R-Ruhe, KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung. 162
- Abb. 71 Belastungsinduzierte mittlere Sauerstoffmehraufnahme bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 163
- Abb. 72 Relative Sauerstoffaufnahmewerte bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. R-Ruhe, KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 164
- Abb. 73 Blutdruckwerte bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. R-Ruhe, KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung. 166
- Abb. 74 Herzfrequenzwerte bei den Therapieanforderungen zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss. R-Ruhe, KG-Krankengymnastik, DZ-Doppelseilzug, HE-Handkurbelergometer, FE-Fahrradergometer, Aro/g-Außenrotation gesund, Iro/g-Innenrotation gesund, Add/g-Adduktion gesund, Aro/o-Außenrotation operiert, Iro/o-Innenrotation operiert, Add/o-Adduktion operiert. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Signifikanzniveau. 167

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Untersuchungsansätze, -verfahren und zu untersuchende Parameter	42
Tab. 2	Zeitliche Übersicht zur Anwendung der Untersuchungsverfahren während der Rehabilitation	42
Tab. 3	Demographische Daten der Patienten. Standardabweichung in Klammern	43
Tab. 4	Defektklassifikation der Rotatorenmanschettenläsionen	45
Tab. 5	Klassifikation der Instabilitäten	46
Tab. 6	Daten der Patientengruppe für die leistungsdagnostischen Untersuchungen	59
Tab. 7	Testzeiträume für die verschiedenen Untersuchungen	60
Tab. 8	Abbruchkriterien nach U. J. Winter, H. Löllgen (1997)	62
Tab. 9	Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N von Männern (n=20) und Frauen (n=10) mit ventraler Schulterstabilisierung an drei Reha-Tagen für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	69
Tab. 10	Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei männlichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	70
Tab. 11	Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei männlichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	71
Tab. 12	Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei weiblichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	72

- Tab. 13 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei weiblichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau. 73
- Tab. 14 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei männlichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=20). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau. 79
- Tab. 15 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei weiblichen Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung (n=10). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau. 80
- Tab. 16 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der operierten Seite bei Männern (n=15) und Frauen (n=15) mit arthroskopischer subakromialer Dekompression an drei Reha-Tagen für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau. 91
- Tab. 17 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei männlichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau. 92
- Tab. 18 Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei männlichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau. 93
- Tab. 19 Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei weiblichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau. 94

Tab. 20	Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei weiblichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	95
Tab. 21	Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei männlichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	100
Tab. 22	Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei weiblichen Patienten mit arthroskopischer subakromialer Dekompression (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	101
Tab. 23	Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der operierten Seite bei Männern (n=15) und Frauen (n=15) mit Rekonstruktion der Rotatorenmanschette an drei Reha-Tagen für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	113
Tab. 24	Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei männlichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	114
Tab. 25	Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei männlichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	115
Tab. 26	Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	116

Tab. 27	Vergleich der isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Kraft in N der gesunden Seite zu Reha-Beginn mit der operierten Seite zu verschiedenen Zeitpunkten (20. Reha-Tag und Reha-Abschluss) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	117
Tab. 28	Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn (RB) und zum Reha-Abschluss (RA) für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei männlichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	123
Tab. 29	Vergleich der mittleren isokinetischen konzentrischen (konz) und exzentrischen (exz) Arbeit in J der gesunden und operierten Seite zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss für die Adduktion (ADD), Innenrotation (IRO) und Außenrotation (ARO) bei weiblichen Patienten mit Rotatorenmanschettenrekonstruktion (n=15). Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	124
Tab. 30	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 10 N.	135
Tab. 31	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 15 N.	135
Tab. 32	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 20 N.	135
Tab. 33	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 25 N.	135
Tab. 34	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 30 N.	136
Tab. 35	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 35 N.	136
Tab. 36	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 40 N.	136
Tab. 37	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 45 N.	136
Tab. 38	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 50 N.	137
Tab. 39	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 55 N.	137

Tab. 40	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 60 N.	137
Tab. 41	Ausgangslängen und Dehnlängen in cm der Therapiebänder für die Kraft von 65 N.	137
Tab. 42	Ausgewählte Messparameter zu Reha-Beginn und zum Reha-Abschluss während der Doppelstufentests. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	139
Tab. 43	Gesamtüberblick über spezifische Messgrößen während der Therapie zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss. Angabe von Mittelwert, Standardabweichung (Klammer) und Signifikanzniveau.	148
Tab. 44	Vergleich ausgewählter Parameter bei der Übung Außenrotation zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss zwischen gesunder und operierter Seite. Angabe der Mittelwerte, Standardabweichung in Klammern, Signifikanzniveau.	151
Tab. 45	Vergleich ausgewählter Parameter bei der Übung Innenrotation zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss zwischen gesunder und operierter Seite. Angabe der Mittelwerte, Standardabweichung in Klammern, Signifikanzniveau.	153
Tab. 46	Vergleich ausgewählter Parameter bei der Übung Adduktion zu Reha-Beginn und Reha-Abschluss zwischen gesunder und operierter Seite. Angabe der Mittelwerte, Standardabweichung in Klammern, Signifikanzniveau.	154

Anhang

- I Tägliches Trainingsprotokoll
- II Fragebogen DASH
- III Fragebogen SF-36-Health-Survey

TRAININGSPROTOKOLL - SCHULTER

Name: ID- NR.: Datum:

Traten nach der letzten Trainingseinheit Schmerzen auf?

Nein ☐Ja ☐

Haben Sie zurzeit Schmerzen in der Schulter?

Nein ☐Ja ☐ cm

kein Schmerz

gering

stark

sehr stark

Hat sich Ihre Medikation geändert?

Nein ☐Ja ☐Wenn **Ja**, wie?

Fühlen Sie sich in der Lage die Übungen auszuführen?

Ja ☐Nein ☐Wenn **Nein**, warum nicht?

		Verletzte Seite: Rechts <input type="checkbox"/> Links <input type="checkbox"/>	Gesunde Seite:	Werte Isokinetisch					
		Isokinetik V [m/s]=	Seilzug	Vorgabe Kraft [N]	Maximale Kraft [N]	Mittlere Kraft [N]	Arbeit total [J]	Mittlere Arbeit [J]	Distanz [cm]
1. Adduktion	Serien/ Anzahl:	___ x ___	___ x ___	Kon.	Kon.	Kon.	Kon.	Kon.	
	Winkel:	___ / ___ / ___	___ / ___ / ___	Exz.	Exz.	Exz.	Exz.	Exz.	
			(___ kg)	Ges.	Ges.	Ges.	Ges.	Ges.	
2. Innen-rotation	Serien/ Anzahl:	___ x ___	___ x ___	Kon.	Kon.	Kon.	Kon.	Kon.	
	Winkel:	___ / ___ / ___	___ / ___ / ___	Exz.	Exz.	Exz.	Exz.	Exz.	
		(ARO / IRO)	(___ kg)	Ges.	Ges.	Ges.	Ges.	Ges.	
3. Außen-rotation	Serien/ Anzahl:	___ x ___	___ x ___	Kon.	Kon.	Kon.	Kon.	Kon.	
	Winkel:	___ / ___ / ___	___ / ___ / ___	Exz.	Exz.	Exz.	Exz.	Exz.	
		(IRO / ARO)	(___ kg)	Ges.	Ges.	Ges.	Ges.	Ges.	
4. Abduktion	Serien/ Anzahl:	___ x ___	___ x ___	Kon.	Kon.	Kon.	Kon.	Kon.	
	Winkel:	___ / ___ / ___	___ / ___ / ___	Exz.	Exz.	Exz.	Exz.	Exz.	
			(___ kg)	Ges.	Ges.	Ges.	Ges.	Ges.	

Wie schätzen Sie die heutige isokinetische Trainingsbelastung ein?

cm
 zu viel optimal zu wenig

Wie schätzen Sie Ihren heutigen Gesundheitszustand ein?

cm
 ausgezeichnet gut weniger gut schlecht

DASH-Fragebogen

Der vorliegende Fragebogen beschäftigt sich sowohl mit Ihren Symptomen als auch Ihren Fähigkeiten, bestimmte Tätigkeiten/ Aktivitäten auszuführen.

Bitte beantworten Sie alle Fragen gemäß Ihrem Zustand in der **letzten** Woche, indem Sie einfach die entsprechende Zahl einkreisen.

Es ist nicht entscheidend, mit welchem Arm oder welcher Hand Sie Ihre Tätigkeiten/ Aktivitäten ausüben. Antworten Sie einfach entsprechend Ihren Fähigkeiten, egal, wie Sie die Aufgaben meistern konnten.

TEIL A:

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeiten ein, folgende Tätigkeiten/ Aktivitäten in der letzten Woche ausführen zu können, indem Sie die entsprechende Zahl einkreisen.

	Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Merkliche Schwierigkeiten, aber machbar	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. Ein Marmeladen-, Einmach-, Honigglas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schreiben	1	2	3	4	5
3. Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
4. Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
5. Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
6. Etwas auf ein Regal über Kopfhöhe stellen	1	2	3	4	5
7. Schwere Hausarbeit (Boden putzen, Wände abwaschen)	1	2	3	4	5
8. Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
9. Betten machen	1	2	3	4	5
10. Eine Einkaufstüte oder Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
11. Schwere Gegenstände tragen (über 10 Kg)	1	2	3	4	5
12. Eine Glühbirne über Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
13. Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
14. Den Rücken waschen	1	2	3	4	5
15. Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
16. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
17. Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z.B. Karten spielen, Stricken usw.)	1	2	3	4	5
18. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm mit mehr oder weniger Anstrengung benutzen, wie z.B.: Tennis, Heimwerken, Golf usw.	1	2	3	4	5
19. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (Badminton, Frisbee, Squash)	1	2	3	4	5
20. Am Straßenverkehr teilnehmen oder öffentliche Verkehrsmittel benutzen, um von einem Platz zu anderen zu gelangen	1	2	3	4	5
21. Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5

22. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihren normalen sozialen Kontakt zu Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der letzten Woche beeinflusst?

Überhaupt Nicht	Kaum eingeschränkt	Merklich eingeschränkt	Deutlich eingeschränkt	Extrem eingeschränkt
1	2	3	4	5

23. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder Anderen täglichen Aktivitäten eingeschränkt?

Überhaupt Nicht	Kaum eingeschränkt	Merklich eingeschränkt	Deutlich eingeschränkt	Extrem eingeschränkt
1	2	3	4	5

TEIL B:

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein. (Bitte kreisen Sie die entsprechende Zahl ein.)

	Keine	Wenig	Mittel	Erheblich	Extrem
24. Schmerzen in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
25. Schmerzen in Schulter, Arm Hand, nachdem Sie eine Bestimmte Tätigkeit ausgeführt haben	1	2	3	4	5
26. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
27. Schwächegefühl in Schulter Arm, Hand	1	2	3	4	5
28. Steifheit in Schulter, Arm Hand	1	2	3	4	5

29. Hatten Sie in der letzten Woche Schlafstörungen wegen der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand?

Keine Schwierig- keiten	Wenig Schwierig- keiten	Merkliche Schwierig- keiten	Erhebliche Schwierig- keiten	So viele Schwierig- keiten, dass ich nicht schlafen konnte
1	2	3	4	5

30. Durch meine Probleme in Schulter, Arm oder Hand fühle ich mich weniger fähig, mein Selbstvertrauen ist eingeschränkt, und ich kann mich weniger nützlich machen.

Stimme über- haupt nicht zu	Stimme nicht zu	Weder Zustim- mung noch Ab- lehnung. Weiß nicht	Stimme zu	Stimme sehr zu
1	2	3	4	5

TEIL C: Sport- oder Musikinstrumente

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluß, den Ihr Schulter-, Arm-, oder Handproblem auf das Spielen Ihres Musikinstrumentes oder das Ausüben Ihres Sports hatte.

Wenn Sie mehr als ein Instrument spielen oder mehr als eine Sportart ausüben, so geben Sie bitte an, welches Instrument oder welche Sportart für Sie am wichtigsten ist.

Bitte kreisen Sie die Zahl ein, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der letzten Woche am besten beschreibt.

Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:	Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Merkliche Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise, Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben	1	2	3	4	5
2. Wegen der Schmerzen in Schulter/ Arm/ Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben	1	2	3	4	5
3. So gut, wie Sie es gewohnt waren, Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben	1	2	3	4	5
4. Ihre gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstrumentes oder mit Sporttreiben zu verbringen	1	2	3	4	5

Wir bedanken uns für Ihre Mitarbeit.

Fragebogen zum Gesundheitszustand (SF-36)

In diesem Fragebogen geht es um Ihre Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede der folgenden Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben? (Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Ausgezeichnet	1
Sehr gut	2
Gut	3
Weniger gut	4
Schlecht	5

2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben? (Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Derzeit viel besser als vor einem Jahr	1
Derzeit etwas besser als vor einem Jahr	2
Etwa so wie vor einem Jahr	3
Derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr	4
Derzeit viel schlechter als vor einem Jahr	5

3. Im folgendem sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark? (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

Tätigkeit	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a. anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
b. mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
c. Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
d. mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
e. einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
f. sich beugen, knien, bücken	1	2	3
g. mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
h. mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
i. eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
j. sich baden oder anziehen	1	2	3

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause? (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

Schwierigkeiten	Ja	Nein
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft, als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
d. Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (z.B. ich mußte mich besonders anstrengen)	1	2

5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlen)? (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

Schwierigkeiten	Ja	Nein
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft, als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Überhaupt nicht	1
Etwas	2
Mäßig	3
Ziemlich	4
Sehr	5

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen? (Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Ich hatte keine Schmerzen	1
Sehr leicht	2
Leicht	3
Mäßig	4
Stark	5
Sehr stark	6

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagsstätigkeit zu Hause und im Beruf behindert? (Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Überhaupt nicht	1
Etwas	2
Mäßig	3
Ziemlich	4
Sehr	5

9. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht).

Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen ...

Befinden	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
a. ... voller Schwung?	1	2	3	4	5	6
b. ... sehr nervös?	1	2	3	4	5	6
c. ... so niedergeschlagen, daß Sie nichts aufheitern konnte?	1	2	3	4	5	6
d. ... ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
e. ... voller Energie?	1	2	3	4	5	6
f. ... entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6
g. ... erschöpft?	1	2	3	4	5	6
h. ... glücklich?	1	2	3	4	5	6
i. ... müde?	1	2	3	4	5	6

10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandte usw.) beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Immer	1
Meistens	2
Manchmal	3
Selten	4
Nie	5

11. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu? (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

Aussagen	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
a. Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
b. Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
c. Ich erwarte, daß meine Gesundheit nachläßt	1	2	3	4	5
d. Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

Versicherung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und ist auch noch nicht veröffentlicht worden.

Ort, Datum: Leipzig, 05.08.2013

Unterschrift:

Name: Susanne Standtke

Universität Leipzig
Sportwissenschaftliche Fakultät
Institut für Sportmedizin und Prävention

(Direktor: Prof. Dr. Dr. med. habil. M. W. Busse)

Thesen zur

D I S S E R T A T I O N

**Erstellung von Referenzwerten für das isokinetische Training
im Rahmen der Rehabilitation nach Schulteroperationen
und
Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit und
der kardiopulmonalen Belastung während
der Schulterrehabilitation**

vorgelegt von

Dipl. Sportlehrerin Susanne Standtke

geb. am 09.05.1976 in Räckelwitz

Betreuer: Prof. Dr. Dr. med. habil. M. W. Busse

Tag der Verteidigung: 21.04.2015

Die Rehabilitation nach Operationen am Schultergelenk ist für die Sicherung des operativen Ergebnisses von entscheidender Bedeutung. Ziel ist die Wiederherstellung der vollen Funktionsfähigkeit, um die Anforderungen im Alltag, Beruf und im sportlichen Bereich wieder einschränkungsfrei bewältigen zu können. Der Erfolg der Rehabilitation wird anhand von objektiven Parametern, wie z. B. der Kraftfähigkeit und der Beweglichkeit und den subjektiven Einschätzungen zur Schmerzsituation und Schulterfunktion in Alltag, Beruf und Sport beurteilt. Eine schnelle Wiedereingliederung in den Beruf, die grundlegende Alltagsbewältigung und die möglichst frühe Wiederaufnahme der sportlichen Tätigkeit stellen Prämissen dar, die den Anspruch an eine effiziente Therapie erheben.

Häufig weisen Patienten postoperativ nicht ausschließlich Einschränkungen in der Gelenkfunktion auf, sondern ebenfalls in anderen Funktionsbereichen, was sich in der körperlichen Leistungsfähigkeit widerspiegeln kann. Des Weiteren üben die Therapieinhalte eines orthopädisch ausgerichteten Rehabilitationsprogramms einen individuell und belastungsabhängig unterschiedlichen großen Einfluss auf das kardiopulmonale System aus, was sich in dessen Kenngrößen zeigt.

Ziel der ersten Untersuchung dieser Arbeit war die Erstellung von indikationsspezifischen Referenzwerten für die isokinetische Kraftentwicklung im Rahmen der postoperativen Rehabilitation unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren: Beweglichkeit, Schmerz und allgemeiner Gesundheitszustand. Auf der Grundlage der ermittelten Referenzwerte sollten weiterführende Empfehlungen für die praktische Anwendung eines therapeutischen Aufbautrainings mit dem Therapieband und dem Seilzugsystem gegeben werden.

Ein weiteres Ziel stellte die Überprüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Patienten nach Operation am Schultergelenk und die Messung der kardiopulmonalen Belastung bei verschiedenen Therapieinhalten dar.

1. Unter der Anwendung gezielter physiotherapeutischer und trainingstherapeutischer Maßnahmen kann innerhalb des definierten Rehabilitationsprogramms die Funktionsfähigkeit des Schultergelenkes bei Patienten mit ventraler Schulterstabilisierung, arthroskopisch subakromialer Dekompression und Rekonstruktion der Rotatorenmanschette wiederhergestellt werden.

2. Aufgrund der Möglichkeit einer gefahrlosen und optimal dosierten Reizsetzung, im Rahmen der Belastungsgestaltung, eignet sich das isokinetische Seilzugsystem „Moflex[®]“ für die frühzeitige Rehabilitation nach Operationen am Schultergelenk.
3. Mittels der Seilzugisokinetik, dem „Moflex[®]“, wird die funktionelle Kraft, die sich in den isokinetischen Werten widerspiegelt, bei den untersuchten Patienten wiederhergestellt. Die Steigerungen der isokinetischen Kraft für die verschiedenen Bewegungen werden ohne nennenswerte Zunahme der Schmerzintensität erreicht. Durch eine gezielte Belastungssteuerung mit Hilfe der Seilzugisokinetik, über die angepasste Erhöhung der Kraftvorgaben, sind keine relevanten Kraftunterschiede zwischen gesunder und operierter Seite zum Reha-Abschluss bei den untersuchten Indikationen festzustellen.
4. Die ermittelten konzentrischen und exzentrischen Kraftwerte für jede Bewegungsübung gelten als schädigungsfrei erreichbare Steigerungsraten der Kraft innerhalb eines definierten Rehabilitationsprogrammes und stellen Referenzwerte für die untersuchten Diagnosen dar. Die Referenzwerte dienen als Handlungsanleitung für die postoperative Belastungsgestaltung innerhalb der Rehabilitation nach Schulteroperationen. Eine optimale Belastungssteuerung, hinsichtlich des funktionellen Kraftaufbaus, wird dadurch im rehabilitativen Prozess gewährleistet.
5. Die tägliche Erfassung aller Trainingsdaten an der Seilzugisokinetik garantiert eine permanente Verlaufskontrolle des Therapieprozesses, beginnende Stagnationen und Regressionen werden frühzeitig erkannt und ihnen entgegengewirkt.
6. Durch ein individuelles, gezieltes und komplexes Einwirken aller therapeutischen Maßnahmen wird eine deutliche Verbesserung der aktiven Beweglichkeit im Vergleich zwischen Reha-Beginn und Reha-Abschluss bei allen Patienten erreicht.
7. Aus den subjektiven Einschätzungen der Patienten zur Schulterfunktion anhand des DASH-Fragebogens und zum allgemeinen Gesundheitszustandes mit dem SF-36 wird auf eine verbesserte Schulterfunktion und eine Steigerung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zum Reha-Abschluss geschlossen.

8. Für die therapeutische Praxis, ohne Nutzungsmöglichkeit der Seilzugisokinetik, oder im postrehabilitativen Heimtraining können auf der Grundlage der Referenzwerte mit Verwendung der Isokrafttabellen für das Therapieband quantifizierbare Belastungsintensitäten festgelegt werden, die ein gefahrloses und sicher dosiertes Therapietraining gewährleisten.
9. Ein regelmäßiges indikationsspezifisches therapeutisches Training innerhalb eines orthopädisch ausgerichteten Rehabilitationsprogramms trägt bei den Patienten zur Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei, was sich in einer Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme, der Maximalleistung und der Leistung an ermittelten Schwellen widerspiegelt.
10. Die kardiopulmonale Belastung einer orthopädisch ausgerichteten Rehabilitation kann anhand der untersuchten Parameter beurteilt werden und Ableitungen für orthopädische Patienten mit kardiologischen Begleiterkrankungen erbringen.
11. Die Therapieinhalte zeigen in Abhängigkeit des Rehabilitationszeitpunktes und der angewendeten Methoden unterschiedliche Auswirkungen auf das kardiopulmonale System. Die kardiopulmonale Belastung ist zum Reha-Abschluss höher als zu Reha-Beginn durch die Intensitätserhöhung im Rehabilitationsverlauf. Das orthopädische Rehabilitationsprogramm ist prinzipiell für operierte Schulterpatienten mit kardiopulmonalen Begleiterkrankungen unter belastungsabhängiger Kontrolle zu empfehlen.